الجَمعيّـة العِلميّـة المَلكيّـة
Royal Scientific Society
For Jordan, since 1970 • في خدمة الوطن منذ ١٩٧٠

وزارة البيـــئة

مراقبة نوعية الهواء في المملكة

التقريـر النهائـي لعام ٢٠٢١

(كانون الثاني ٢٠٢١ – كانون الأول ٢٠٢١)

مقدم إلى

وزارة البيئـــة

إعـداد

قسم دراسات الهواء

مركز المياه والبيئة والتغير المناخي

الجمعيـة العلميـة الملكيـة

حقــوق النشـــر

حقوق النشر محفوظة لوزارة البيئــة

ولا يجوز استعمال المعلومات الواردة في هذا التقرير

إلا بعد الحصول على موافقة خطية من الوزارة

المحتويـــات

	رقم الصفحة
قائمة الصور والأشكال الواردة ضمن نص التقرير	**ج**
قائمة الجداول الواردة ضمن نص التقرير	**ز**
الخلاصة باللغة العربية	**ط**
الخلاصة باللغة الإنجليزية	**م**
١- المقدمة	**١**
١-١ المناطق المشمولة في الرصد	٢
١-١-١ البقعة	٢
١-١-٢ الجيزة	٢
١-١-٣ الخالدية	٢
١-١-٤ الرصيفة	٢
١-١-٥ الموقر	٢
١-٢ أهداف الدراسة	٣
١-٣ ملوثات الهواء المحيط التي تم رصدها في الدراسة	٤
١-٣-١ ثاني أكسيد الكبريت (SO_2)	٤
١-٣-٢ أكاسيد النيتروجين (NO, NO_2 & NOx)	٤
١-٣-٣ الجسيمات (PM_{10} & $PM_{2.5}$)	٥
١-٣-٤ كبريتيد الهيدروجين (H_2S)	٥
١-٣-٥ الأمونيا (NH_3)	٦
١-٤ مواقع الرصد	٦
١-٥ أسلوب العمل وأجهزة القياس المستخدمة	١٠
٢- نتائج الدراسة	**١١**
٢-١ ثاني أكسيد الكبريت (SO_2)	١١
٢-٢ كبريتيد الهيدروجين (H_2S)	١٧
٢-٣ الأمونيا (NH_3)	١٩

٢-٤ أكاسيد النيتروجين (**NO, NO_2 & NOx**) ٢٢
٢-٥ الجسيمات (**PM_{10} & $PM_{2.5}$**) ٣٠
٢-٦ سرعة واتجاه الرياح ٣٥
٢-٧ الرطوبة النسبية ودرجة الحرارة ٣٩

٣- مناقشة نتائج الدراسة ٤٥

٣-١ الجيزة ٤٥
٣-٢ الرصيفة ٤٧
٣-٣ الخالدية ٥٠
٣-٤ الموقر ٥٢
٣-٥ البقعة ٥٤

٤- التوصيات ٥٧

ملحق (١) : خرائط تبين مواقع الرصد ومصادر التلوث الثابتة

ملحق (٢) : برامج الصيانة الدورية والمعايرة لأجهزة القياس المستخدمة

ملحق (٣) : قيم الارتياب لأعلى المعدلات الساعية واليومية المُسجلة في كل موقع للملوثات الغازية

قائمـة الصور والأشكال الواردة ضمن نص التقريـر

الشكل رقم (١-١): المصادر الرئيسة للجسيمات في الهواء المحيط.

الشكل رقم (١-٢): موقع الرصد في البقعة.

الشكل رقم (١-٣): موقع الرصد في الرصيفة.

الشكل رقم (١-٤): موقع الرصد في الجيزة.

الشكل رقم (١-٥): موقع الرصد في الخالدية.

الشكل رقم (٢-١): المعدلات اليومية وأعلى المعدلات الساعية لتراكيز غاز ثاني أكسيد الكبريت التي سُجلت في مواقع الرصد الخمسة خلال عام ٢٠٢١.

الشكل رقم (٢-٢): المعدلات الشهرية لتراكيز غاز ثاني أكسيد الكبريت التي سُجلت في مواقع الرصد الخمسة خلال عام ٢٠٢١.

الشكل رقم (٢-٣): مقارنة بين المعدلات السنوية لغاز ثاني أكسيد الكبريت في جميع مواقع الرصد خلال سنوات الرصد (٢٠٠٩ – ٢٠٢١).

الشكل رقم (٢-٤): مقارنة بين عدد التجاوزات المسجلة للحد الساعي لغاز ثاني أكسيد الكبريت في جميع مواقع الرصد خلال سنوات الرصد (٢٠٠٩ – ٢٠٢١).

الشكل رقم (٢-٥): مقارنة بين عدد التجاوزات المسجلة للحد اليومي لغاز ثاني أكسيد الكبريت في جميع مواقع الرصد خلال سنوات الرصد (٢٠٠٩ – ٢٠٢١).

شكل رقم (٢-٦): المعدلات اليومية وأعلى المعدلات الساعية لتراكيز غاز كبريتيد الهيدروجين التي سُجلت في موقع الرصد في البقعة خلال عام ٢٠٢١.

شكل رقم (٢-٧): المعدلات الشهرية لتراكيز غاز كبريتيد الهيدروجين التي سُجلت في موقع الرصد في البقعة خلال عام ٢٠٢١.

الشكل رقم (٢-٨): مقارنة بين المعدلات السنوية لغاز كبريتيد الهيدروجين في موقع الرصد في البقعة خلال سنوات الرصد (٢٠٠٩ – ٢٠٢١).

الشكل رقم (٢-٩): مقارنة بين عدد التجاوزات لحدود المعدلات الساعية واليومية لغاز كبريتيد الهيدروجين في موقع الرصد في البقعة خلال سنوات الرصد (٢٠٠٩ – ٢٠٢١).

شكل رقم (٢-١٠): المعدلات اليومية وأعلى المعدلات الساعية لتراكيز غاز الأمونيا التي سُجلت في موقع الرصد في الخالدية خلال عام ٢٠٢١.

شكل رقم (٢-١١): المعدلات الشهرية لتراكيز غاز الأمونيا التي سُجلت في موقع الرصد في الخالدية خلال عام ٢٠٢١.

الشكل رقم (٢-١٢): مقارنة بين المعدلات السنوية لغاز الأمونيا في موقع الرصد في الخالدية خلال سنوات الرصد (٢٠٠٩ – ٢٠٢١).

الشكل رقم (٢-١٣): مقارنة بين عدد التجاوزات لحد المعدل اليومي لغاز الأمونيا في موقع الرصد في الخالدية خلال سنوات الرصد (٢٠٠٩ – ٢٠٢١).

الشكل رقم (٢-١٤): أعلى المعدلات الساعية لتراكيز غازات أكاسيد النيتروجين (NO, NOx & NO_2) التي سُجلت في جميع مواقع الرصد خلال عام ٢٠٢١.

الشكل رقم (٢-١٥): المعدلات اليومية لتراكيز غازات أكاسيد النيتروجين (NO, NOx & NO_2) التي سُجلت في جميع مواقع الرصد خلال عام ٢٠٢١.

الشكل رقم (٢-١٦): المعدلات الشهرية لتراكيز غاز ثاني أكسيد النيتروجين التي سُجلت في مواقع الرصد الخمسة خلال عام ٢٠٢١.

الشكل رقم (٢-١٧): مقارنة بين المعدلات السنوية لغاز ثاني أكسيد النيتروجين في جميع مواقع الرصد خلال سنوات الرصد (٢٠٠٩ – ٢٠٢١).

الشكل رقم (٢-١٨): مقارنة بين عدد التجاوزات المسجلة للحد الساعي لغاز ثاني أكسيد النيتروجين في جميع مواقع الرصد خلال سنوات الرصد (٢٠٠٩ – ٢٠٢١).

الشكل رقم (٢-١٩): مقارنة بين عدد التجاوزات المسجلة للحد اليومي لغاز ثاني أكسيد النيتروجين في جميع مواقع الرصد خلال سنوات الرصد (٢٠٠٩ – ٢٠٢١).

الشكل رقم (٢-٢٠): المعدلات اليومية لتراكيز الجسيمات ($PM_{2.5}$) التي سُجلت في موقع الرصد في البقعة خلال عام ٢٠٢١.

الشكل رقم (٢-٢١): المعدلات اليومية لتراكيز الجسيمات (PM_{10}) التي سُجلت في مواقع الرصد الثلاثة خلال عام ٢٠٢١.

الشكل رقم (٢-٢٢): المعدلات الشهرية لتراكيز الجسيمات (PM_{10} & $PM_{2.5}$) التي سُجلت في مواقع الرصد الأربعة خلال عام ٢٠٢١.

الشكل رقم (٢-٢٣): المعدلات الشهرية لتراكيز الجسيمات (PM_{10} & $PM_{2.5}$) التي سُجلت في مواقع الرصد الأربعة بعد حذف المعدلات اليومية للأيام التي سجل خلالها تجاوزات لحد المعدل اليومي المنصوص عليه في القاعدة الفنية الأردنية رقم (١١٤٠/٢٠٠٦) في موقعين من مواقع الرصد أو أكثر خلال عام ٢٠٢١.

الشكل رقم (٢-٢٤): مقارنة بين المعدلات السنوية للجسيمات (PM_{10} & $PM_{2.5}$) المسجلة في جميع مواقع الرصد خلال سنوات الرصد (٢٠٠٩ – ٢٠٢١).

الشكل رقم (٢-٢٥): مقارنة بين عدد التجاوزات للحد اليومي المنصوص عليه في القاعدة الفنية رقم ١١٤٠/٢٠٠٦ للجسيمات (PM_{10} & $PM_{2.5}$) خلال سنوات الرصد (٢٠٠٩ – ٢٠٢١).

الشكل رقم (٢-٢٦): توزيع سرعة الرياح (عقدة) في موقع الرصد في البقعة خلال عام ٢٠٢١.

الشكل رقم (٢-٢٧): توزيع اتجاه الرياح في موقع الرصد في البقعة خلال عام ٢٠٢١.

الشكل رقم (٢-٢٨): توزيع سرعة الرياح (عقدة) في موقع الرصد في الجيزة خلال عام ٢٠٢١.

الشكل رقم (٢-٢٩): توزيع اتجاه الرياح في موقع الرصد في الجيزة خلال عام ٢٠٢١.

الشكل رقم (٢-٣٠): توزيع سرعة الرياح (عقدة) في موقع الرصد في الخالدية خلال عام ٢٠٢١.

الشكل رقم (٢-٣١): توزيع اتجاه الرياح في موقع الرصد في الخالدية خلال عام ٢٠٢١.

الشكل رقم (٢-٣٢): توزيع سرعة الرياح (عقدة) في موقع الرصد في الموقر خلال عام ٢٠٢١.

الشكل رقم (٢-٣٣): توزيع اتجاه الرياح في موقع الرصد في الموقر خلال عام ٢٠٢١.

الشكل رقم (٢-٣٤): توزيع سرعة الرياح (عقدة) في موقع الرصد في الرصيفة خلال عام ٢٠٢١.

الشكل رقم (٢-٣٥): توزيع اتجاه الرياح في موقع الرصد في الرصيفة خلال عام ٢٠٢١.

الشكل رقم (٢-٣٦): مخطط لوردة الرياح في جميع مواقع الرصد خلال عام ٢٠٢١.

الشكل رقم (٢-٣٧): المعدلات اليوميّة والمعدلات الساعيّة القصوى والأدنى المسجلة يومياً للرطوبة النسبية (RH) في مواقع الرصد الخمسة خلال عام ٢٠٢١.

الشكل رقم (٢-٣٨): المعدلات الشهرية للرطوبة النسبية (RH) في جميع مواقع الرصد خلال عام ٢٠٢١.

الشكل رقم (٢-٣٩): المعدلات اليوميّة والمعدلات الساعيّة القصوى والأدنى المسجلة يومياً لدرجة الحرارة في مواقع الرصد الخمسة خلال عام ٢٠٢١.

الشكل رقم (٢-٤٠): المعدلات الشهرية لدرجة الحرارة في جميع مواقع الرصد خلال عام ٢٠٢١.

الشكل (٣-١): المعدلات السنوية والفصلية لتركيز غاز ثاني أكسيد الكبريت وغاز ثاني أكسيد النيتروجين ولسرعة الرياح السائدة لكل ساعة من ساعات اليوم في الجيزة خلال عام ٢٠٢١.

الشكل رقم (٣-٢): توزيع سرعة الرياح (عقدة) في موقع الرصد في الجيزة خلال الأيام التي سجل فيها تجاوز للحد اليومي الذي تنص عليه القاعدة الفنية الوطنية لنوعية الهواء المحيط رقم (٢٠٠٦/١١٤٠) للجسيمات PM_{10} خلال عام ٢٠٢١.

الشكل رقم (٣-٣): توزيع اتجاه الرياح في موقع الرصد في الجيزة خلال الأيام التي سجل فيها تجاوز للحد اليومي الذي تنص عليه القاعدة الفنية الوطنية لنوعية الهواء المحيط رقم (٢٠٠٦/١١٤٠) للجسيمات PM_{10} خلال عام ٢٠٢١.

الشكل (٣-٤): المعدلات السنوية والفصلية لتركيز غاز ثاني أكسيد الكبريت وغاز ثاني أكسيد النيتروجين ولسرعة الرياح السائدة لكل ساعة من ساعات اليوم في الرصيفة خلال عام ٢٠٢١.

الشكل رقم (٣-٥): توزيع سرعة الرياح (عقدة) في موقع الرصد في الرصيفة خلال الأيام التي سجل فيها تجاوز للحد اليومي الذي تنص عليه القاعدة الفنية الوطنية لنوعية الهواء المحيط رقم (١١٤٠/ ٢٠٠٦) للجسيمات PM_{10} خلال عام ٢٠٢١.

الشكل رقم (٣-٦): توزيع اتجاه الرياح في موقع الرصد في الرصيفة خلال الأيام التي سجل فيها تجاوز للحد اليومي الذي تنص عليه القاعدة الفنية الوطنية لنوعية الهواء المحيط رقم (١١٤٠/ ٢٠٠٦) للجسيمات PM_{10} خلال عام ٢٠٢١.

الشكل رقم (٣-٧): المعدلات السنوية والفصلية لتركيز غاز ثاني أكسيد الكبريت وغاز ثاني أكسيد النيتروجين وغاز الأمونيا ولسرعة الرياح السائدة لكل ساعة من ساعات اليوم في الخالدية خلال عام ٢٠٢١.

الشكل رقم (٣-٨): توزيع سرعة الرياح (عقدة) في موقع الرصد في الخالدية خلال الأيام التي سجل فيها تجاوز للحد اليومي الذي تنص عليه القاعدة الفنية الوطنية لنوعية الهواء المحيط رقم (١١٤٠/ ٢٠٠٦) للجسيمات PM_{10} خلال عام ٢٠٢١.

الشكل رقم (٣-٩): توزيع اتجاه الرياح في موقع الرصد في الخالدية خلال الأيام التي سجل فيها تجاوز للحد اليومي الذي تنص عليه القاعدة الفنية الوطنية لنوعية الهواء المحيط رقم (١١٤٠/ ٢٠٠٦) للجسيمات PM_{10} خلال عام ٢٠٢١.

الشكل رقم (٣-١٠): المعدلات السنوية والفصلية لتركيز غاز ثاني أكسيد الكبريت وغاز ثاني أكسيد النيتروجين ولسرعة الرياح السائدة لكل ساعة من ساعات اليوم في الموقر خلال عام ٢٠٢١.

الشكل رقم (٣-١١): المعدلات السنوية والفصلية لتركيز غاز ثاني أكسيد الكبريت وغاز ثاني أكسيد النيتروجين وغاز كبريتيد الهيدروجين ولسرعة الرياح السائدة لكل ساعة من ساعات اليوم في البقعة خلال عام ٢٠٢١.

الشكل رقم (٣-١٢): توزيع سرعة الرياح (عقدة) في موقع الرصد في البقعة خلال الأيام التي سجل فيها تجاوز للحد اليومي الذي تنص عليه القاعدة الفنية الوطنية لنوعية الهواء المحيط رقم (١١٤٠/ ٢٠٠٦) للجسيمات $PM_{2.5}$ خلال عام ٢٠٢١.

الشكل رقم (٣-١٣): توزيع اتجاه الرياح في موقع الرصد في البقعة خلال الأيام التي سجل فيها تجاوز للحد اليومي الذي تنص عليه القاعدة الفنية الوطنية لنوعية الهواء المحيط رقم (١١٤٠/ ٢٠٠٦) للجسيمات $PM_{2.5}$ خلال عام ٢٠٢١.

قائمـة الجداول الواردة ضمن نص التقريـر

جدول رقم (١-١): الحدود القصوى المسموح بها لملوثات الهواء المحيط التي تم رصدها في الدراسة (القاعدة الفنية رقم ٢٠٠٦/١١٤٠).

جدول رقم (١- ٢): مواقع الرصد في المملكة الأردنية الهاشمية.

جدول رقم (١-٣): ملخص عن مواصفات مواقع رصد الملوثات في البقعة، والجيزة، والخالدية، والرصيفة والموقر.

جدول رقم (١-٤): الأجهزة المستخدمة في رصد نوعية الهواء المحيط.

جدول رقم (٢-١): ملخص نتائج رصد المعدلات الساعيّة لغاز ثاني أكسيد الكبريت في مواقع الرصد الخمسة خلال عام ٢٠٢١.

جدول رقم (٢-٢): ملخص نتائج رصد المعدلات اليوميّة لغاز ثاني أكسيد الكبريت في مواقع الرصد الخمسة خلال عام ٢٠٢١.

جدول رقم (٢-٣): المعدلات الشهرية لتركيز غاز ثاني أكسيد الكبريت في جميع مواقع الرصد خلال عام ٢٠٢١.

جدول رقم (٢-٤): المعدلات السنوية لغاز ثاني أكسيد الكبريت في مواقع الرصد الخمسة خلال عام ٢٠٢١.

جدول رقم (٢-٥): ملخص نتائج رصد المعدلات الساعية لغاز كبريتيد الهيدروجين في البقعة خلال عام ٢٠٢١.

جدول رقم (٢-٦): ملخص نتائج رصد المعدلات اليومية لغاز كبريتيد الهيدروجين في البقعة خلال عام ٢٠٢١.

جدول رقم (٢-٧): المعدلات الشهرية والمعدل السنوي (جزء في المليون) لتركيز غاز كبريتيد الهيدروجين في موقع الرصد في البقعة خلال عام ٢٠٢١.

جدول رقم (٢-٨): ملخص نتائج رصد المعدلات الساعية لغاز الأمونيا في الخالدية خلال عام ٢٠٢١.

جدول رقم (٢-٩): ملخص نتائج رصد المعدلات اليومية لغاز الأمونيا في الخالدية خلال عام ٢٠٢١.

جدول رقم (٢-١٠): المعدلات الشهرية والمعدل السنوي (ميكروغرام/م^3) لتركيز غاز الأمونيا في موقع الرصد في الخالدية خلال عام ٢٠٢١.

جدول رقم (٢-١١): ملخص نتائج رصد المعدلات الساعية لغاز ثاني أكسيد النيتروجين (NO_2) في مواقع الرصد الخمسة خلال عام ٢٠٢١.

جدول رقم (٢- ١٢): ملخص نتائج رصد المعدلات اليومية لغاز ثاني أكسيد النيتروجين (NO_2) في مواقع الرصد الخمسة خلال عام ٢٠٢١.

جدول رقم (٢-١٣): المعدلات الشهرية لتركيز غاز ثاني أكسيد النيتروجين في جميع مواقع الرصد خلال عام ٢٠٢١.

جدول رقم (٢-١٤): المعدلات السنوية لغاز ثاني أكسيد النيتروجين في مواقع الرصد الخمسة خلال عام ٢٠٢١.

جدول رقم (٢-١٥): المعدلات الشهرية (ميكروغرام/م^3) لتراكيز الجسيمات ($PM_{2.5}$ & PM_{10}) التي سُجلت في مواقع الرصد الأربعة خلال عام ٢٠٢١.

جدول رقم (٢-١٦): المعدلات الشهرية (ميكروغرام/م^3) لتراكيز الجسيمات ($PM_{2.5}$ & PM_{10}) التي سُجلت في مواقع الرصد الأربعة بعد حذف المعدلات اليومية للأيام التي سجل خلالها تجاوزات لحد المعدل اليومي المنصوص عليه في القاعدة الفنية الأردنية رقم (٢٠٠٦/١١٤٠) في ثلاثة من مواقع الرصد أو جميعها خلال عام ٢٠٢١.

جدول رقم (٢-١٧): سرعة واتجاه الرياح السائدة في جميع مواقع الرصد خلال عام ٢٠٢١.

جدول رقم (٢–١٨): المعدلات الشهرية لسرعة الرياح (عقدة) والرياح السائدة في مواقع الرصد الخمسة خلال أشهر الرصد في عام ٢٠٢١.

جدول رقم (٢– ١٩): أعلى وأدنى معدل يومي وكذلك أعلى وأدنى معدل شهري تم تسجيله للرطوبة النسبية في جميع مواقع الرصد خلال عام ٢٠٢١.

جدول رقم (٢– ٢٠): أعلى وأدنى معدل يومي وكذلك أعلى وأدنى معدل شهري تم تسجيله لدرجة الحرارة في جميع مواقع الرصد خلال عام ٢٠٢١.

الخلاصــة

إن التطور الصناعي والخدمي الذي تشهده المملكة بالإضافة إلى زيادة عدد السكان الناتجة عن الزيادة الطبيعية والزيادة بسبب الهجرات القسرية من البلدان العربية المجاورة وما يسببه ذلك من زيادة لعدد المركبات والنشاطات الصناعية والتجارية تؤدي جميعها إلى زيادة انبعاث الملوثات التي من شأنها التأثير على نوعية الهواء في العديد من المناطق وعلى صحة الإنسان وراحته. من هنا تأتي أهمية مراقبة نوعية الهواء المحيط خاصة في المناطق المأهولة القريبة من النشاطات الصناعية والخدمية وحركة السير الكثيف. ومن هنا أولت وزارة البيئة اهتماماً كبيراً بمراقبة نوعية الهواء المحيط في خمس مناطق معرضة للتلوث تجمعت فيها الكثير من الصناعات وهي الحاتمية/لواء الموقر– محافظة عمّان، والجيزة/محافظة عمّان، والرصيفة/محافظة الزرقاء، والبقعة/محافظة البلقاء والخالدية/محافظة المفرق. وحسب قانون حماية البيئة رقم (٦) لسنة ٢٠١٧ فإن وزارة البيئة هي الجهة المخولة لحماية البيئة في المملكة وهي المسؤولة عن مراقبة وقياس عناصر البيئة ومكوناتها ومتابعتها من خلال المراكز العلمية التي تعتمدها الوزارة. لذلك قامت الوزارة بتوقيع الاتفاقية رقم ٢٠٠٧/٩٢ مع قسم دراسات الهواء/ مركز المياه والبيئة والتغير المناخي في الجمعية العلمية الملكية للقيام بذلك.

لقد تمت مراقبة تركيز ثاني أكسيد الكبريت (SO_2) وأكاسيد النيتروجين (NO, NO_2, NO_x) في جميع مواقع الرصد حيث أنها تنتج من حرق الوقود في الصناعات والمركبات الخفيفة والثقيلة، ومن الجدير بالذكر أن نسبة الكبريت مرتفعة نسبياً في الديزل والوقود الثقيل المستخدم في الأردن. كما تمت مراقبة تركيز الجسيمات ($PM_{2.5}$) في البقعة لقربها من حركة السير الكثيف بين عمّان والمنطقة الشمالية من المملكة ومراقبة تركيز الجسيمات (PM_{10}) في ثلاثة مواقع في الخالدية والرصيفة والجيزة لقربها من النشاطات الصناعية وذلك إضافة لما تتعرض له كافة مناطق المملكة من الغبار الطبيعي. وقد تمت مراقبة مستويات الأمونيا (NH_3) في الخالدية لقربها من مزارع الأبقار وكبريتيد الهيدروجين (H_2S) في البقعة لقربها من محطة تنقية المياه العادمة المنزلية.

هدفت هذه الدراسة والتي استمرت للفترة (٢٠٢١/١/١ – ٢٠٢١/١٢/٣١) إلى تحديد مستويات الملوثات الغازية والجسيمات في المناطق الخمس المشار إليها أعلاه ومقارنتها فيما بينها وبالحدود المنصوص عليها في القاعدة الفنية الأردنية لنوعية الهواء المحيط رقم ٢٠٠٦/١١٤٠. كما وتضمنت هذه الدراسة تحليل النتائج وتقديم المقترحات لصناع القرار لمساعدتهم على اتخاذ الإجراءات والقرارات المستندة على معلومات الرصد والتي من شأنها تحسين نوعية الهواء في تلك المناطق مما ينعكس إيجاباً على الصحة العامة للناس وتوفير حياة أفضل للمواطن الأردني.

أظهرت نتائج الدراسة التالي:

- **موقع الرصد في مبنى بلدية الرصيفة:** ارتفع المعدل السنوي لغاز ثاني أكسيد الكبريت في الموقع خلال فترة الدراسة الحالية بشكل طفيف مقارنةً بفترة الدراسة السابقة، بينما لم يطرأ تغيير على المعدل السنوي لغاز ثاني أكسيد النيتروجين خلال فترة الدراسة الحالية مقارنةً بفترة الدراسة السابقة ولم يتم تسجيل أي تجاوز للحدود الساعية واليومية والسنوية المنصوص عليها لهذين الغازين في القاعدة الفنية الأردنية ٢٠٠٦/١١٤٠ لنوعية الهواء المحيط. انقطع رصد الجسيمات العالقة في الهواء بقطر يقل عن أو يساوي ١٠ ميكرون (PM_{10}) لأكثر من ٢٥% خلال عام ٢٠٢١ في موقع الرصد في الرصيفة لخلل فني في جهاز الرصد وبالتالي لم يتم احتساب المعدل السنوي لها، وبلغ عدد التجاوزات للجسيمات (PM_{10}) ٣٣ تجاوزاً للحد اليومي المنصوص عليه في القاعدة الفنية الأردنية ٢٠٠٦/١١٤٠ لنوعية الهواء المحيط.

- **موقع الرصد في المركز الوطني للبحث والإرشاد الزراعي (مديرية زراعة عين الباشا) في البقعة:** ارتفعت المعدلات السنوية لغاز ثاني أكسيد الكبريت وغاز ثاني أكسيد النيتروجين المسجلة في الموقع خلال فترة الدراسة الحالية بشكل طفيف مقارنة بمستوياتها في فترة الدراسة السابقة بينما لم يطرأ تغيير على المعدل السنوي لغاز كبريتيد الهيدروجين مقارنة بالمعدل السنوي المسجل خلال فترة الدراسة السابقة، ولم يتم تسجيل أي تجاوز لغازات ثاني أكسيد الكبريت وكبريتيد الهيدروجين وثاني أكسيد النيتروجين للحدود المنصوص عليها في القاعدة الفنية الأردنية ٢٠٠٦/١١٤٠ لنوعية الهواء المحيط لتلك الغازات. كما وانخفض المعدل السنوي للجسيمات بقطر يقل عن أو يساوي ٢,٥ ميكرون ($PM_{2.5}$) خلال فترة الدراسة الحالية بشكل طفيف مقارنة بفترة الدراسة السابقة، حيث بلغ عدد التجاوزات اليومية ١١ تجاوزاً، وتجاوز المعدل السنوي للجسيمات $PM_{2.5}$ الحد السنوي المنصوص عليه في القاعدة الفنية الأردنية ٢٠٠٦/١١٤٠ لنوعية الهواء المحيط.

- **موقع الرصد في مبنى قسم حماية البيئة/ بلدية الجيزة الجديدة:** انخفض المعدل السنوي للجسيمات بقطر يقل عن أو يساوي ١٠ ميكرون (PM_{10}) في الموقع خلال فترة الدراسة الحالية بشكل طفيف مقارنة بفترة الدراسة السابقة، وبلغ عدد التجاوزات اليومية ٤٣ تجاوزاً، كما وتجاوز المعدل السنوي للجسيمات PM_{10} الحد السنوي المنصوص عليه في القاعدة الفنية الأردنية ٢٠٠٦/١١٤٠ لنوعية الهواء المحيط. بينما ارتفع المعدل السنوي لغاز ثاني أكسيد النيتروجين بشكل طفيف مقارنة بفترة الدراسة السابقة، في حين انخفض المعدل السنوي لغاز ثاني أكسيد الكبريت مقارنة بفترة الدراسة السابقة ولم يتم تسجيل أي تجاوز للحدود الساعية واليومية والسنوية المنصوص عليها لهذين الغازين في القاعدة الفنية الأردنية ٢٠٠٦/١١٤٠ لنوعية الهواء المحيط.

- **موقع الرصد على الحد بين الحاتمية والموقر:** بينت نتائج المراقبة أن مستويات غاز ثاني أكسيد الكبريت وغاز ثاني أكسيد النيتروجين المسجلة في الموقع ارتفعت خلال فترة الدراسة الحالية بشكل طفيف مقارنةً بمستوياتهما خلال فترة الدراسة السابقة، ولم يتم تسجيل أي تجاوز للحدود الساعية واليومية والسنوية لكلا الغازين المنصوص عليها في القاعدة الفنية الأردنية ٢٠٠٦/١١٤٠ لنوعية الهواء المحيط.

- **موقع الرصد في مبنى بلدية الخالدية:** سجلت مستويات الجسيمات العالقة في الهواء بقطر يقل عن أو يساوي ١٠ ميكرون (PM_{10}) في الموقع ارتفاعاً واضحاً خلال فترة الدراسة الحالية مقارنةً بفترة الدراسة السابقة حيث بلغ عدد التجاوزات اليومية ٤٤ تجاوزاً وكانت الأعلى بين المواقع الثلاثة وتجاوز المعدل السنوي للجسيمات PM_{10} الحد السنوي المنصوص عليه في القاعدة الفنية الأردنية ٢٠٠٦/١١٤٠ لنوعية الهواء المحيط. بينما انخفضت المعدلات السنوية لغاز ثاني أكسيد النيتروجين وغاز ثاني أكسيد الكبريت مقارنة بفترة الدراسة السابقة ولم يتم تسجيل أي تجاوز للحدود الساعية واليومية والسنوية المنصوص عليها لهذين الغازين في القاعدة الفنية الأردنية ٢٠٠٦/١١٤٠ لنوعية الهواء المحيط. وارتفعت مستويات غاز الأمونيا في موقع الرصد في مبنى بلدية الخالدية خلال فترة الدراسة الحالية بشكل طفيف مقارنةً بمستوياته خلال فترة الدراسة السابقة، حيث تجاوز المعدل السنوي لغاز الأمونيا الحد السنوي المنصوص عليه في القاعدة الفنية الأردنية ٢٠٠٦/١١٤٠ لنوعية الهواء المحيط إلا أنه لم يتم تسجيل أي تجاوز للحد اليومي المنصوص عليه في هذه المواصفة لهذا الغاز.

وقد خلصت الدراسة إلى بعض التوصيات منها الاستمرار في مراقبة نوعية الهواء المحيط في مناطق الرصد الحالية وزيادة المناطق المغطاة بالرصد لتشمل كافة مناطق المملكة، وتوسيع دائرة الرصد من حيث عدد الملوثات المرصودة خاصة رصد مستويات (Black Carbon) والأوزون.

الجدول في الصفحة التالية يظهر ملخصاً لنتائج رصد المعدلات الساعية واليومية والسنوية للملوثات في مواقع الرصد الخمسة خلال فترة الرصد (٢٠٢١/١/١ – ٢٠٢١/١٢/٣١).

ملخص نتائج الرصد في مواقع الرصد الخمسة للفترة (٢٠٢١/١/١ – ٢٠٢١/١٢/٣١).

الملوثات	الموقع	أعلى معدل ساعي (جزء في البليون)		أعلى معدل يومي (جزء في البليون)		عدد تجاوزات المعدلات الساعية لحد المواصفة ونسبتها من فترة الرصد	عدد تجاوزات المعدلات اليومية لحد المواصفة ونسبتها من فترة الرصد		المعدل السنوي (جزء في البليون)
SO_2	الرصيفة	٤٦	٢٠٢١/٣/٧ ،١١:٠٠	١٨	٢٠٢١/٤/١٧	صفر	صفر		٥
NO_2		٨٨	٢٠٢١/١١/٢٨ ،١٨:٠٠	٤٩	٢٠٢١/١١/٢٨	صفر	صفر		١٨
PM_{10}		٦٩٧ ميكروغرام/م٣	٢٠٢١/١٢/٨ ،٢٢:٠٠	٣٥٥ ميكروغرام/م٣	٢٠٢١/١٢/٨	لا يوجد حد في المواصفة	٣٣	%١٩,٤	---
SO_2	البقعة	٢٤	٢٠٢١/٣/٢١ ،٠٨:٠٠	٩	٢٠٢١/١/٢٥	صفر	صفر		٣
H_2S		١٠	٢٠٢١/٨/٢٦ ،٢١:٠٠	٤	٢٠٢١/٨/٢٦	صفر	صفر		٢
NO_2		١٩٨	٢٠٢١/٩/٢٥ ،٢٤:٠٠	٦٢	٢٠٢١/١١/١٦	صفر	صفر		١٩
$PM_{2.5}$		٦٨٠ ميكروغرام/م٣	٢٠٢١/٧/١١ ،٠١:٠٠	١١٥ ميكروغرام/م٣	٢٠٢١/٣/٢٣	لا يوجد حد في المواصفة	١١	%٣,٢	٣١ ميكروغرام/م٣
SO_2	الجيزة	١٣٦	٢٠٢١/٣/١٩ ،٢٢:٠٠	٦	٢٠٢١/٣/١٩	صفر	صفر		١
NO_2		٦٢	٢٠٢١/١٠/١١ ،١٩:٠٠	٣٧	٢٠٢١/١٠/١١	صفر	صفر		٢١
PM_{10}		٩٨٥ ميكروغرام/م٣	٢٠٢١/٣/٢٣ ،١١:٠٠	٥٠٤ ميكروغرام/م٣	٢٠٢١/١٢/٨	لا يوجد حد في المواصفة	٤٣	%١٢,١	٨٢ ميكروغرام/م٣
SO_2	الموقر	١٠٤	٢٠٢١/١١/١٥ ،٢٣:٠٠	١٨	٢٠٢١/٤/٥	صفر	صفر		٩
NO_2		١٠٧	٢٠٢١/١١/١١ ،١٨:٠٠	٤٠	٢٠٢١/١١/٢٦	صفر	صفر		٦
SO_2	الخالدية	٦١	٢٠٢١/١/١٧ ،٠٨:٠٠	١١	٢٠٢١/٣/٧	صفر	صفر		٢
NO_2		٨٨	٢٠٢١/١١/٢٨ ،٢٠:٠٠	٤٠	٢٠٢١/٢/٢٥	صفر	صفر		١٥
NH_3		١١٤ ميكروغرام/م٣	٢٠٢١/١١/٢٥ ،١٧:٠٠	٨١ ميكروغرام/م٣	٢٠٢١/١١/٢٥	لا يوجد حد في المواصفة	صفر		٢٧ ميكروغرام/م٣
PM_{10}		٩٨٥ ميكروغرام/م٣	٢٠٢١/٣/٢٣ ،١٠:٠٠	٤٥٨ ميكروغرام/م٣	٢٠٢١/٣/٢٣	لا يوجد حد في المواصفة	٤٤	%١٢,٦	٨٢ ميكروغرام/م٣

الحدود القصوى المسموح بها لملوثات الهواء المحيط التي تم رصدها في الدراسة (القاعدة الفنية رقم ٢٠٠٦/١١٤٠)

عنصر القياس	SO_2	NO_2	H_2S	NH_3	PM_{10}	$PM_{2.5}$
الحد الساعي	٣٠٠ جزء في البليون	٢١٠ جزء في البليون	٣٠ جزء في البليون	---	---	---
الحد اليومي	١٤٠ جزء في البليون	٨٠ جزء في البليون	١٠ جزء في البليون	٢٧٠ ميكروغرام/م٣	١٢٠ ميكروغرام/م٣	٦٥ ميكروغرام/م٣
الحد السنوي	٤٠ جزء في البليون	٥٠ جزء في البليون	---	٨ ميكروغرام/م٣	٧٠ ميكروغرام/م٣	١٥ ميكروغرام/م٣

Summary

The development of industrial and services sectors in Jordan, in addition to the migration due to security situations, accompanied with the increase of Jordanian population and the number of vehicles result in an increase in the pollutants emitted to the ambient air which in turn causes degradation of the air quality in many areas and adversely impact the public health. Therefore; it is so important to monitor the ambient air quality of the residential areas that are close to the air pollution sources. Ministry of Environment, based on its mandate, signed agreement No. 92/2007 with Air Studies Division/ Water, Environment & Climate Change Centre at the Royal Scientific Society to assess the ambient air quality of five areas vulnerable to air pollution, these are; Al-Baq'a/Al-Balqa, Al-Mowaqqar/Amman, Al-Giza/Amman, Al-Russiefeh/Zarqa and Al-Khalidyeh/Al-Mafraq.

Sulfur dioxide (SO_2) and nitrogen oxides (NO, NO_2 & NOx) were monitored in the above mentioned five locations as these pollutants result from fuel burning in both stationary and mobile sources, taking into consideration the relatively high sulfur content in the Jordanian heavy fuel oil and diesel. Particulate matter with aerodynamic diameter equals to or less than 2.5 micron ($PM_{2.5}$) was monitored in Al-Baq'a since it is close to the main street connecting Amman and the north region, while particulate matter with aerodynamic diameter equals to or less than 10 micron (PM_{10}) was monitored in Al-Khalidyeh, Al-Russiefeh and Al-Giza since they are close to the industrial activities and main streets, in addition to the contribution of natural sources to the airborne dust levels in Jordan's different areas. Ammonia (NH_3) was monitored in Al-Khalidyeh which is close to the cows farms and hydrogen sulfide (H_2S) was monitored in Al-Baq'a which is close to Al-Baq'a wastewater treatment plant.

The main aim of this study, implemented during the period (January 2021 – December 2021), was to identify the air pollutants levels in the above mentioned five areas and compare the recorded hourly, daily and yearly averages of different air pollutants with the Jordanian standards JS 1140/2006. The study aims also to help the decision makers in identifying and enhancing the implementation of the proper measures that could improve the environmental conditions in the study areas and accordingly improve the quality of Jordanian life.

The main results of the study are:

- The NO_2 annual average in Al-Russiefeh monitoring site in this study period was equal to the annual average for the previous monitoring period, while the annual average of SO_2 increased slightly in this study period in comparison to its average during the previous monitoring period, noting that NO_2 & SO_2 levels were within the Jordanian standards allowable limits for ambient air quality. Moreover, PM_{10} levels exceeded the daily allowable limit in Jordanian standards 33 days during the study period.

- The SO_2 and NO_2 annual averages in Al-Baq'a monitoring site increased slightly in this study period in comparison to their averages during the previous monitoring period and their levels were within the Jordanian standards allowable limits for ambient air quality. While, the H_2S annual average in this study period was equal to its average during the previous monitoring period and its levels were within the Jordanian standards allowable limits for ambient air quality. The $PM_{2.5}$ annual average in this study period was less than its average in the last monitoring period, and it exceeded the daily allowable limit in Jordanian standards 11 days during the study period.

- The PM_{10} annual average in Al-Giza monitoring site decreased slightly in this study period in comparison to its average during the previous monitoring period and exceeded the daily allowable limit in Jordanian standards 43 days during the study period. The annual average of NO_2 increased, while the annual average of SO_2 decreased in comparison to the annual averages for the previous study period, and its levels were within the Jordanian standard allowable limits for ambient air quality.

- The SO_2 & NO_2 annual averages in Al-Mowaqqar monitoring site increased slightly in this study period in comparison to their averages during the previous monitoring period and their levels were within the Jordanian standards allowable limits for ambient air quality.

- The PM_{10} levels in Al-Khalidyeh monitoring site were high in which the higher levels of PM_{10} were recorded at this site in comparison to the other sites and its annual average increased significantly in this study period in comparison to its average during the previous monitoring period and

exceeded the daily allowable limit in Jordanian standards 44 days during the study period. The annual averages of NO_2 & SO_2 decreased slightly in comparison to its annual averages for the previous study period, and its levels were within the Jordanian standard allowable limits for ambient air quality. While, the NH_3 annual average in Al-Khalideyeh monitoring site increased slightly in this study period in comparison to its levels during the previous monitoring period and exceeded the maximum allowable limit for annual average as stated in Jordanian standards 1140/2006 for the ambient air quality, but its daily levels were within the Jordanian standards daily allowable limit.

Some of the recommended actions were suggested including the continuation of ambient air quality monitoring in the current areas, increasing the number of the monitoring sites to cover most of the kingdom areas and expanding the monitoring in terms of pollutants particularly monitoring the levels of black carbon and ozone.

١. مقدمـــة

تنتشر في المملكة الأردنية الهاشمية العديد من الصناعات والنشاطات التي قد تؤدي إلى تلوث الهواء المحيط، حيث أن زيادة عدد السكان والنمو الاقتصادي أدت إلى زيادة الضغط على النشاطات الخدمية يرافقها التوسع في القطاع الصناعي وزيادة عدد المركبات مما أدى إلى كثافة حركة السير على الطرق الداخلية والخارجية خاصة في المناطق ذات التعداد السكاني المرتفع. إن نوعية الهواء المحيط تؤثر بشكل مباشر وغير مباشر على صحة الإنسان وراحته. من هنا تأتي أهمية مراقبة نوعية الهواء خاصة في المناطق المأهولة القريبة من النشاطات الصناعية والخدمية وحركة السير الكثيف.

تم سابقاً مراقبة نوعية الهواء في بؤر التلوث الساخنة في المملكة مثل منطقة الهاشمية في محافظة الزرقاء، ومدينة الفحيص في محافظة البلقاء ومدينة القادسية في محافظة الطفيلة، ولم تحظ العديد من المحافظات والمدن الأردنية ببرامج مراقبة طويلة الأمد لنوعية الهواء بالرغم من قربها للعديد من النشاطات التي قد تؤثر على نوعية الهواء المحيط في تلك المناطق، لذا أولت وزارة البيئة اهتماماً كبيراً بمراقبة نوعية الهواء المحيط في خمس مناطق معرضة للتلوث تجمعت فيها الكثير من الصناعات وهي الحاتمية/لواء الموقر–محافظة عمّان، والجيزة/محافظة عمّان، والرصيفة/محافظة الزرقاء، والبقعة/محافظة البلقاء، والخالدية/محافظة المفرق. وحسب قانون حماية البيئة رقم (٦) لسنة ٢٠١٧ فإن وزارة البيئة هي الجهة المخولة لحماية البيئة في المملكة وهي المسؤولة عن مراقبة وقياس عناصر البيئة ومكوناتها ومتابعتها من خلال المراكز العلمية التي تعتمدها الوزارة. لذلك قامت الوزارة بتوقيع الاتفاقية رقم ٢٠٠٧/٩٢ مع قسم دراسات الهواء/ مركز المياه والبيئة والتغير المناخي في الجمعية العلمية الملكية للقيام بذلك. علماً بأن الرصد في هذه المواقع قد بدأ في تموز ٢٠٠٨.

لقد تمت مراقبة تركيز ثاني أكسيد الكبريت (SO_2) وأكاسيد النيتروجين (**NO, NO_2, NOx**) في جميع مواقع الرصد حيث أنها تنتج من حرق الوقود في الصناعات والمركبات الخفيفة والثقيلة، ويجدر بالذكر أن نسبة الكبريت مرتفعة نسبياً في الديزل والوقود الثقيل المستخدم في الأردن. كما تمت مراقبة تركيز الجسيمات ($PM_{2.5}$) في البقعة لقربها من حركة السير الكثيف بين عمّان والمنطقة الشمالية من المملكة ومراقبة تركيز الجسيمات (PM_{10}) في ثلاثة مواقع في الخالدية، والرصيفة والجيزة لقربها من النشاطات الصناعية والشوارع الرئيسة وذلك إضافة لما تتعرض له كافة مناطق المملكة من الغبار الطبيعي. وقد تمت مراقبة مستويات الأمونيا (NH_3) في الخالدية لقربها من مزارع الأبقار، بينما تم مراقبة مستويات كبريتيد الهيدروجين (H_2S) في البقعة لقربها من محطة تنقية المياه العادمة. ومن الجدير بالذكر أن قسم دراسات الهواء حاصل على الاعتماد الأردني في (ISO-17025:2017) شهادة رقم (TEST-075) من قبل وحدة الاعتماد الوطني – نظام الاعتماد والتقييس (JAS-AU) لقياسات غازات ثاني أكسيد الكبريت (SO_2) وكبريتيد الهيدروجين (H_2S) وأكاسيد النيتروجين (NO, NO_2 & NO_x) والأمونيا (NH_3) والجسيمات (PM_{10} & $PM_{2.5}$) في الهواء المحيط.

يغطي هذا التقرير النهائي النتائج التي تم الحصول عليها خلال فترة الرصد التي امتدت للفترة من ٢٠٢١/١/١ ولغاية ٢٠٢١/١٢/٣١.

١-١ المناطق المشمولة في الرصد

١-١-١ البقعة

مخيم البقعة هو واحد من ستة مخيمات أنشئت في عام ١٩٦٨، حيث يعتبر هذا المخيم هو الأكبر في الأردن ويقع في لواء عين الباشا/ محافظة البلقاء وعلى بعد ٦,٥ كيلومتراً إلى الشمال من مدينة عمّان ويقدر عدد سكان لواء عين الباشا حوالي ٢٠٠٠٥٠ نسمة[١]. وتعتبر محطة معالجة المياه العادمة القريبة من المخيم والأنشطة الصناعية المختلفة مثل التعدين وتصنيع الجير والجبس من أهم مصادر تلوث الهواء في المنطقة، بالإضافة لذلك يعد ازدحام حركة المرور على الطريق الرئيس الواصل بين عمّان ومدينة إربد وسائر مناطق محافظات الشمال من مصادر تلوث الهواء في المنطقة.

١-١-٢ الجيزة

تقع منطقة الجيزة في محافظة العاصمة عمّان إلى الجنوب من مطار الملكة علياء الدولي، تعتبر هذه المنطقة من المناطق المأهولة بالسكان حيث يُقدر عدد سكان لواء الجيزة بـ ١٣٣٥٨٠ نسمة[١]. تقع مدينة الجيزة على الطريق الصحراوي الذي يربط العاصمة مع المحافظات الجنوبية الأخرى. تعد الأنشطة الصناعية وبشكل رئيس الصناعات الحديدية والكربونات بالإضافة إلى حركة المرور العالية في المطار من المصادر الرئيسة لتلوث الهواء في هذه المنطقة، مع الأخذ بعين الاعتبار طبيعة ومكان الموقع الذي يمكن أن يتأثر بالغبار الطبيعي.

١-١-٣ الخالدية

تقع الخالدية في محافظة المفرق إلى الشمال الشرقي من مدينة عمّان ويقطن قضاء الخالدية حوالي ٤٤٥٩٠ نسمة[١]. تعد المنشآت الصناعية (مثل صناعة الإسمنت والكسارات) ومزارع الأبقار والدواجن والغبار الطبيعي من المصادر الرئيسة لتلوث الهواء في هذه المنطقة. إضافةً إلى حركة المرور على الطريق العام بين الزرقاء والمفرق.

١-١-٤ الرصيفة

تعتبر الرصيفة ثاني أكبر مدينة في محافظة الزرقاء والتي تقع إلى الشمال الشرقي من مدينة عمّان ويقطن لواء الرصيفة حوالي ٥٤٥٥٣٠ نسمة[١]. تعد الأنشطة الصناعية مثل مصانع المواد الغذائية والصناعات البلاستيكية والدباغة والمنظفات ومستحضرات التجميل من المصادر الرئيسة لتلوث الهواء في هذه المنطقة، بالإضافة إلى حركة المرور النشطة.

١-١-٥ الموقر

تقع منطقة الموقر في محافظة عمّان إلى الجنوب الشرقي من عمّان ويقطن لواء الموقر حوالي ٩٥٥١٠ نسمة[١]. تعد الأنشطة الصناعية مثل صناعات الحديد والكلورين والصابون من المصادر الرئيسة لتلوث الهواء في هذه المنطقة مع الأخذ بعين الاعتبار أن هذه المنطقة مجاورة لمجموعة مصانع.

---

[١] الكتاب الإحصائي السنوي الأردني لعام ٢٠٢٠ – دائرة الإحصاءات العامة.

١-٢ أهداف الدراسة

تهدف هذه الدراسة إلى:

- تحديد مستويات الملوثات الغازية والجسيمات العالقة في الهواء المحيط في المناطق المشار إليها سابقاً ومقارنتها فيما بينها وبالحدود المنصوص عليها في القاعدة الفنية الأردنية لنوعية الهواء المحيط رقم (٢٠٠٦/١١٤٠).
- تقييم التغير السنوي في نوعية الهواء المحيط في المناطق المرصودة.
- مقارنة حالة نوعية الهواء المحيط في مناطق مختلفة من الأردن حسب الظروف المختلفة مثل الموقع، المناخ، عدد السكان، حجم الصناعات، الخ.
- تقديم النتائج والمقترحات لمتخذي القرار لمساعدتهم على اتخاذ الإجراءات والقرارات المستندة على معلومات الرصد.
- تقييم مدى الالتزام و/أو التقدم المحرز نحو تحقيق معايير نوعية الهواء المحيط.

يبين الجدول رقم (١-١) أدناه الحدود القصوى المنصوص عليها في هذه المواصفات الوطنية للملوثات التي تم رصدها في هذه المواقع.

جدول رقم (١-١): الحدود القصوى المسموح بها لملوثات الهواء المحيط التي تم رصدها في الدراسة (القاعدة الفنية رقم ٢٠٠٦/١١٤٠).

الملوثات	زمن المعدل المأخوذ	الحد الأقصى المسموح به	عدد مرات التجاوز المسموحة
ثاني أكسيد الكبريت (SO_2)	ساعة واحدة	٣٠٠ جزء في البليون	٣ مرات خلال أي ١٢ شهر
	٢٤ ساعة	١٤٠ جزء في البليون	مرة واحدة في السنة
	سنوي	٤٠ جزء في البليون	----
الأمونيا (NH_3)	٢٤ ساعة	٢٧٠ ميكروغرام/م٣	٣ مرات خلال أي ١٢ شهر
	سنوي	٨ ميكروغرام/م٣	----
كبريتيد الهيدروجين (H_2S)	ساعة واحدة	٣٠ جزء في البليون	٣ مرات خلال أي ١٢ شهر
	٢٤ ساعة	١٠ جزء في البليون	٣ مرات خلال أي ١٢ شهر
ثاني أكسيد النيتروجين (NO_2)	ساعة واحدة	٢١٠ جزء في البليون	٣ مرات خلال أي ١٢ شهر
	٢٤ ساعة	٨٠ جزء في البليون	٣ مرات خلال أي ١٢ شهر
	سنوي	٥٠ جزء في البليون	----
الجسيمات بقطر يقل عن أو يساوي ٢,٥ ميكرون ($PM_{2.5}$)	٢٤ ساعة	٦٥ ميكروغرام/م٣	٣ مرات خلال أي ١٢ شهر
	سنوي	١٥ ميكروغرام/م٣	----
الجسيمات بقطر يقل عن أو يساوي ١٠ ميكرون (PM_{10})	٢٤ ساعة	١٢٠ ميكروغرام/م٣	٣ مرات خلال أي ١٢ شهر
	سنوي	٧٠ ميكروغرام/م٣	----

١-٣ ملوثات الهواء المحيط المتضمنة في الدراسة

١-٣-١ ثاني أُكسيد الكبريت (SO_2)

ثاني أكسيد الكبريت (**SO_2**) غاز عديم اللون له رائحة نفاذة. المصادر الرئيسة لانبعاث هذا الغاز هي محطات توليد الطاقة، ومنشآت صهر الكبريت المعدني، ومعامل تكرير النفط وغيرها من الصناعات والنشاطات التي يحرق فيها الوقود الذي يحتوي على نسب مرتفعة من الكبريت. كما ينبعث هذا الغاز من مصادر طبيعية مثل البراكين وتحلُّل المواد العضوية.

التعرض لهذا الغاز يسبب تهيجاً في أغشية العين والجهاز التنفسي بدرجات مختلفة وذلك حسب تركيزه في الهواء المستنشق ومدة التعرض له وكذلك حسب حساسية الشخص المتعرض له ووجوده مع ملوثات أخرى مثل الجسيمات والأوزون حيث يمكن أن يسبب أمراضا مزمنة مثل الربو والتهاب الشعب الرئوية. كما أنه يكوّن المطر الحمضي (حامض الكبريتيك) الذي قد يقتل الحياة الفطرية والأشجار ويتلف المباني والمواد والممتلكات.

١-٣-٢ أكاسيد النيتروجين (NO, NO_2 & NOx)

تعرف أكاسيد النيتروجين (**NOx**) بالمجموع الكلي لكل من ثاني أكسيد النيتروجين (**NO_2**) وأول أكسيد النيتروجين (**NO**). وتتكون هذه الأكاسيد كناتج لجميع عمليات الاحتراق التي يدخل فيها الهواء خاصةً التي تتم في درجات الحرارة العالية نتيجة لأكسدة النيتروجين الجوّي بدرجات الحرارة العالية. وعلى الرغم من أن غاز **NO** يكون الناتج الأساسي إلا انه لا يعتبر ذو تأثير سيئ على صحة الإنسان.

غاز **NO_2** هو غاز بني يميل إلى الحمرة لا رائحة له. ينطلق جزء من **NO_2** نتيجة الاحتراق بينما تكون معظم تراكيزه في الهواء المحيط نتيجة أكسدة **NO** خلال العمليات المختلفة، مثلاً عن طريق الأوزون حيث أنه من الممكن أن يواصل الأكسدة للحصول على نواتج أشد تأكسداً مثل حامض النيتريك (**HNO_3**) والذي بالإضافة لحامض الكبريتيك يؤدي إلى ظاهرة المطر الحمضي.

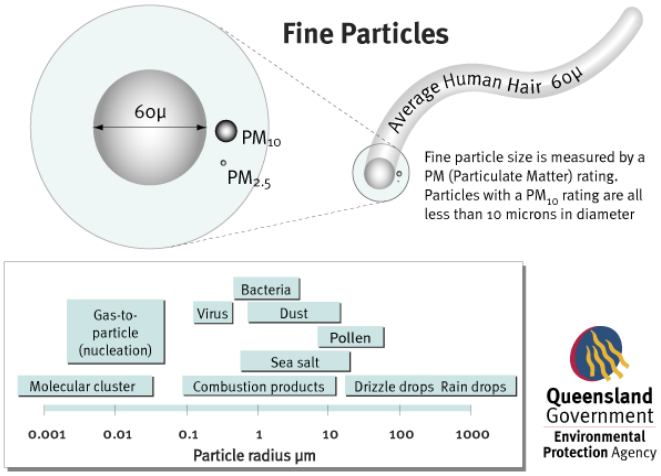
إن التعرض لغاز **NO_2** يؤدي إلى مهاجمة أنسجة الرئتين والمجاري التنفسية في الكائنات الحية فهو بتراكيز منخفضة يقلّل من مقاومة الجسم للجراثيم مما يؤدي إلى تهيّج الرئتين والعينين. ولدى التعرّض لتراكيز مرتفعة؛ يضعف هذا الغاز مقاومة الجسم للأمراض التنفسية مثل التهاب الرئتين. وتظهر الأبحاث أن الأطفال هم المجموعة الأكثر حساسية لغاز **NO_2** حيث يميلون أكثر من غيرهم للإصابة بمختلف الأمراض التنفسية. كما يعتبر المرضى الذين يصابون بالربو هم مجموعة حسّاسة بشكل خاص لهذا الغاز.

١-٣-٣ الجسيمات (PM_{10} & $PM_{2.5}$)

هناك عدّة مصادر للجسيمات (PM_{10} & $PM_{2.5}$) في الهواء المحيط فبالإضافة للمصادر الطبيعية، تنبعث هذه الجسيمات من وسائل النقل خاصة التي تعمل على وقود الديزل، والدخان المنبعث من مصادر الاحتراق المختلفة، الحرائق، استخراج المعادن، البناء، الخ. أنظر الشكل (١ – ١) أدناه.

إن حجم الجسيمات الذي يعبر عنه بالقطر الأيروديناميكي يعتبر من أهم الخصائص التي تتحكم في سلوك هذه الجسيمات في الغلاف الجوي وكذلك في تأثيرها على البيئة والصحة. الجسيمات بقطر يقل عن أو يساوي ١٠ ميكرون (PM_{10}) ممكن أن تبقى عالقة في الهواء لعدة أيام أما الجسيمات بقطر يقل عن أو يساوي ٢,٥ ميكرون ($PM_{2.5}$) فممكن أن تبقى عالقة في الهواء لمدة طويلة جداً. ويمكن أن تنتشر هذه الجسيمات (PM_{10} & $PM_{2.5}$) عن طريق الرياح في مناطق واسعة أو أن تقطع مسافات طويلة من المصدر الأصلي.

تظهر عادةً آثار التعرض لهذه الجسيمات من خلال السّعال وإثارة القصبات الهوائية والعينين وحيث أن الجسيمات ($PM_{2.5}$) صغيرة بما فيه الكفاية لتتغلغل داخل القصبات الهوائية والرئتين فإنها تعتبر الأخطر على الرئتين. إن التأثيرات الصحية الناجمة عن التعرض لهذه الجسيمات لا تعتمد فقط على حجمها بل أيضا على تركيزها في الهواء المستنشق، ومدة التعرض لها، وتركيبها الكيميائي بالإضافة إلى أن الأشخاص الذين يعانون من أمراض تنفسية معينة مزمنة مثل الربو يعتبرون الأكثر حساسية للتعرض لهذه الجسيمات.



الشكل رقم (١-١): المصادر الرئيسة للجسيمات في الهواء المحيط.

١-٣-٤ كبريتيد الهيدروجين (H_2S)

كبريتيد الهيدروجين (H_2S) غاز عديم اللون ذو رائحة كريهة، ونفاذة وقوية تشبه رائحة البيض الفاسد ويوجد بشكل طبيعي في البيئة. ينبعث هذا الغاز حيثما تكون النفايات الصلبة أو السائلة التي تحتوي على الكبريت عند تحللها البيولوجي. لذا تعتبر مدافن النفايات، مخلفات المواشي، ومصارف المياه الآسنة الخاصة بالإنسان والشاحنات التي تنقل النفايات ومحطات الصرف الصحي ومحطات معالجة النفايات من المصادر الرئيسة لانبعاث غاز H_2S للهواء المحيط.

وكذلك من الممكن أن يوجد هذا الغاز في المياه الجوفية خصوصاً في الآبار قرب حقول النفط. كما يتم إنتاج كبريتيد الهيدروجين من الأنشطة الصناعية بما فيها معامل تكرير البترول. تختلف الآثار الصحية الناجمة عن التعرض لغاز H_2S حسب مستوياته في الهواء المستنشق حيث يؤدي التعرض لمستويات مرتفعة من هذا الغاز إلى تهيج العين والأنف والرئة.

١-٣-٥ الأمونيا (NH_3)

الأمونيا (NH_3) هو غاز عديم اللون له رائحة نفاذة. يستخدم هذا الغاز في العديد من الصناعات من أهمها إنتاج السماد وفي مجال التبريد والتي تعتبر مصدراً من مصادر انبعاثه إلى الهواء المحيط. كذلك وتعتبر مزارع المواشي مثل الأبقار والدواجن من المصادر الرئيسة لانبعاث NH_3 إلى الهواء المحيط. إن الأعلاف التي تتغذى عليها تلك المواشي تحتوي على نسبة فائضة عن الحاجة من النيتروجين وهذا يؤدي إلى تواجده بنسبة عالية في مخلفات الماشية الصلبة والسائلة والتي ينتج من تحللها ميكروبياً غاز NH_3. يسبب التعرض لغاز NH_3 تهيجاً في الأغشية المخاطية للعيون والحنجرة والجيوب الأنفية. والتعرض لتراكيز مرتفعة من هذا الغاز ـ الذي من الممكن أن يحدث في حال تسربه من أماكن تخزينه ـ قد يؤدي إلى الوفاة.

١-٤ مواقع الرصد

تم اختيار خمسة مواقع رصد في البقعة، والخالدية، والحاتمية/لواء الموقر، والرصيفة والجيزة لرصد مستويات الملوثات الغازية والجسيمات المنبعثة من مصادر تلوث الهواء المختلفة المحيطة بتلك المناطق. يبين الجدول رقم (١ – ٢) مواقع الرصد بالإضافة إلى بعدها واتجاهها بالنسبة لمصادر التلوث الثابتة في محيط لا يتجاوز قطره ١٠ كم. وتوضح الخرائط في ملحق رقم (١) مواقع الرصد ومصادر تلوث الهواء الثابتة في كل منطقة من مناطق الرصد. بينما يبين الجدول رقم (١-٣) والأشكال رقم ((١-٢) إلى (١-٥)) وصفاً لمواقع الرصد.

وقد تم إنشاء غرف (كرفانات) مهيأة ومكيفة لأجهزة الرصد في جميع مواقع الرصد. ومن الجدير بالذكر أنه تمّ أيضاً رصد سرعة واتجاه الرياح، والرطوبة النسبية ودرجة الحرارة بشكل مستمر على مدار الساعة في جميع مواقع الرصد لما لهذه العناصر من أهمية في معرفة مصادر التلوث ومدى انتشار ملوثات الهواء.

جدول رقم (١ – ٢): مواقع الرصد في المملكة الأردنية الهاشمية

مواقع الرصد	الإحداثيات UTM	مصادر التلوث الثابتة	بُعد واتجاه مصادر التلوث الثابتة بالنسبة لموقع الرصد	الملوثات التي تمّ رصدها
البقعة: المركز الوطني للبحث والإرشاد الزراعي (مديرية زراعة عين الباشا)	E: 768240.00 N: 3552873.00	محطة تنقية المياه العادمة	حوالي ٢,٧ كم شمال	SO_2, NOx, H_2S & $PM_{2.5}$
		مناشير حجر ومعامل طوب	حوالي ٠,٩ كم شمال–شمال غرب	
		مصنع المنيوم	حوالي ٢,١ كم جنوب شرق	
		مصنع أدوية	حوالي ٤,٥ كم شمال شرق	
الخالدية: بلدية الخالدية	E: 246205.59 N: 3564446.17	مزارع أبقار وحظائر مواشي	تحتوي منطقتي الخالدية والظليل على العديد من مزارع الأبقار وحظائر المواشي وهي متوزعة بكافة الاتجاهات بالنسبة لموقع الرصد	SO_2, NOx, NH_3 & PM_{10}
		مصنع اسمنت الأبيض	حوالي ٩,٧ كم جنوب	
		محاجر مصنع اسمنت الأبيض	حوالي ١٠,٠ كم جنوب–جنوب غرب	
		مصنع اسمنت الراجحي	حوالي ١٠,١ كم غرب–شمال غرب	
الموقر: الحد بين الحاتمية والموقر	E: 225388.00 N: 3522728.00	مصنع الكلورين	حوالي ٠,٨ كم غرب	SO_2 & NOx
		مصنع حديد	حوالي ١,٦ كم جنوب غرب–غرب	
		مصنع بترا للمكيفات	حوالي ١,٣ كم جنوب غرب	
		صناعات خفيفة كالحرف والمشاغل	حوالي ١,٩ كم شمال غرب–غرب	
الجيزة: قسم حماية البيئة/بلدية الجيزة الجديدة	E: 779990.00 N: 3510978.00	مطار عمّان الدولي	حوالي ٣,٩ كم شمال شرق	SO_2, NOx & PM_{10}
		مصنع حديد	حوالي ١,٨ كم جنوب–جنوب غرب	
		مصنع كربونات	حوالي ٢,٥ كم جنوب–جنوب غرب	
		مقلع مصنع الكربونات	حوالي ٢,٩ كم جنوب غرب	
		مصنع ألمنيوم	حوالي ٣,٧ كم جنوب– جنوب شرق	
		مصانع دهانات، وسجائر وزيوت نباتية	حوالي ٢,٥ كم جنوب شرق	
		محطة تنقية المياه العادمة لمطار عمّان الدولي واخرى قرب مخيم الجيزة	حوالي ٣,٨ كم شرق–شمال شرق.	

مواقع الرصد	الإحداثيات UTM	مصادر التلوث الثابتة	بُـعد واتجاه مصادر التلوث الثابتة بالنسبة لموقع الرصد	الملوثات التي تمّ رصدها
الرصيفة: بلدية الرصيفة	E: 221014.00 N: 3546235.00	مختبرات الفوسفات	حوالي ٠,٤ كم جنوب و١,٦ كم جنوب غرب	SO_2, NOx & PM_{10}
		سيل الزرقاء	حوالي ٠,١ كم جنوب	
		مصنع منظفات	حوالي ٥,٠ كم جنوب غرب–غرب	
		صناعات متعددة (مصنع بطاريات، مصنع بلاستيك، الخ)	حوالي ٥,٠ كم جنوب غرب	
		صناعات خفيفة كالحرف والمشاغل	حوالي ٤,٠ كم جنوب–جنوب غرب و٢,٥ كم شرق	
		مصنع الببسي	حوالي ٤,٠ كم جنوب–جنوب غرب	
		مصنع خميرة	حوالي ٣,٠ كم غرب	
		مصنع البيوغاز	حوالي ٤,٥ كم جنوب شرق–شرق	
		مصنع حديد	حوالي ٤,٥ كم شرق	
		مصنع دباغة	حوالي ٤,٠ كم شرق	
		معامل طوب ومناشير حجر	حوالي ١,٥ كم غرب–شمال غرب	
		مصنع كحول	حوالي ٤,٥ كم شمال شرق	

الشكل رقم (١–٢): موقع الرصد في البقعة

الشكل رقم (١–٣): موقع الرصد في الرصيفة

الشكل رقم (١-٤): موقع الرصد في الجيزة

الشكل رقم (١-٥): موقع الرصد في الخالدية

جدول رقم (١-٣): ملخص عن مواصفات مواقع رصد الملوثات في البقعة، والجيزة، والخالدية، والرصيفة والموقر.

مواقع الرصد	ارتفاع مدخل العينات عن سطح الأرض (م)	بعد موقع الرصد عن أقرب مبنى (م)	بعد موقع الرصد عن أقرب شجرة (م)	بعد موقع الرصد عن أقرب شارع (م)
البقعة	≈ ٩ م	≈ ٦٠ م	≈ ٧٠ م	≈ ٤٠ م
الجيزة	≈ ٨ م	≈ ٢٠ م	لا يوجد أشجار قريبة	≈ ١٠ م
الخالدية	≈ ١٢ م	≈ ١٠٠ م	لا يوجد أشجار قريبة	≈ ٣٠ م
الرصيفة	≈ ١٠ م	≈ ٢٠ م	≈ ٣٠ م	≈ ٧ م
الموقر	≈ ٤ م	≈ ١٠ م	لا يوجد أشجار قريبة	≈ ٣٠ م

١-٥ أسلوب العمل وأجهزة القياس المستخدمة

يبين الجدول رقم (١-٤) الأجهزة المستخدمة في عملية الرصد، ومبدأ عمل كل منها. تمّ رصد تراكيز ملوثات الهواء الغازية باستخدام أجهزة تحليل غازات أوتوماتيكية، حيث تأخذ عينات من الهواء المحيط بشكل متواصل، تحلل هذه العينات وتخزن نتائج التحليل على شكل معدلات ساعيّة لتركيز الغاز في الهواء المحيط. حيث تتم معايرة جميع أجهزة التحليل العاملة على رصد الملوثات الغازية دورياً باستخدام غازات معايرة بتركيز محدد للتأكد من دقة عمل الأجهزة وتعديل استجابتها وصيانتها عند الضرورة. بينما يتم رصد الجسيمات ($PM_{2.5}$) في البقعة والجسيمات (PM_{10}) في الجيزة، والرصيفة والخالدية باستخدام أجهزة أوتوماتيكية تعمل على مبدأ (Beta Attenuation) معتمدة من قبل وكالة حماية البيئة الأمريكية (US EPA) ومزودة بمداخل خاصة تعمل على فصل الجسيمات التي يزيد قطرها عن ١٠ ميكرون أو ٢,٥ ميكرون. ويتم تنفيذ الصيانة الوقائية والمعايرة لأجهزة الرصد حسب ما هو مبين في الجداول المرفقة في الملحق رقم (٢).

جدول رقم (١-٤): الأجهزة المستخدمة في رصد نوعية الهواء المحيط.

اسم الجهاز ومبدأ عمله	عمل الجهـاز	الموقع
Sulfur Dioxide Analyzer UV- Fluorescence	رصد غاز ثاني أكسيد الكبريت في الهواء المحيط بشكل متواصل	جميع مواقع الرصد
Nitrogen Oxides (NO, NO_2 & NOx) Analyzer Chemiluminesc-ence	رصد غازات أكاسيد النيتروجين (NO, NO_2 & NOx) في الهواء المحيط بشكل متواصل	جميع مواقع الرصد
Particulate Matter (PM10 & PM2.5) Monitor Beta-Attenuation	رصد الجسيمات (PM_{10} & $PM_{2.5}$) في الهواء المحيط بشكل متواصل	البقعة، والجيزة، والرصيفة والخالدية
Hydrogen Sulfide Analyzer UV-Fluorescence	رصد غاز كبريتيد الهيدروجين في الهواء المحيط بشكل متواصل	البقعة
Ammonia Chemiluminescence	رصد غاز الأمونيا في الهواء المحيط بشكل متواصل	الخالدية
Portable Calibrator Multi Gas Calibrator (standard gas cylinders)	معايرة أجهزة تحليل الملوثات الغازية	جهاز معايرة متنقل
Wind Speed and Direction, Relative Humidity and Temperature	تسجيل سرعة واتجاه الرياح، ودرجة الحرارة والرطوبة النسبية للهواء المحيط الكترونياً وبشكل متواصل	جميع مواقع الرصد

٢. نتائج الدراسة

٢-١ ثاني أكسيد الكبريت (SO_2)

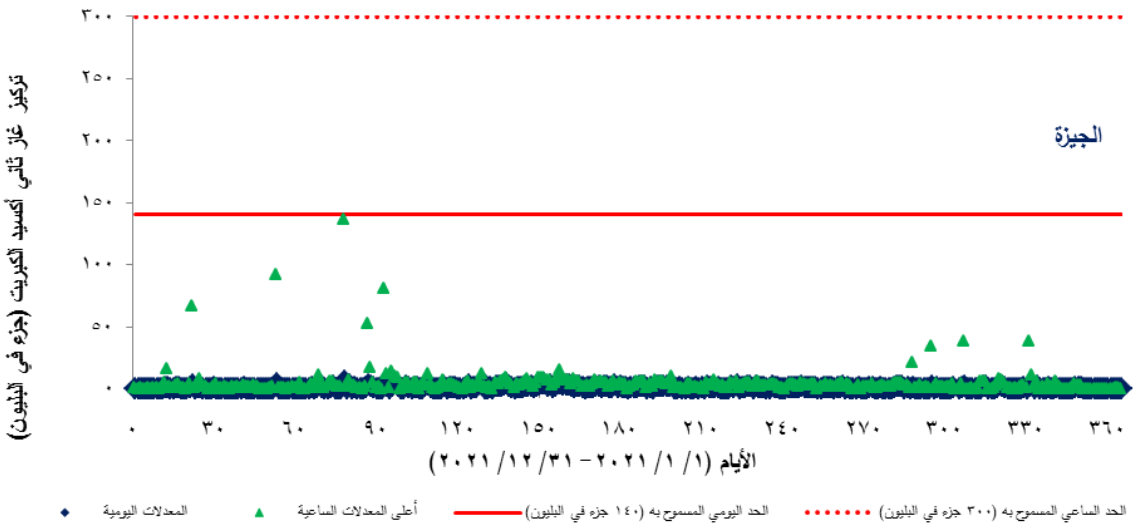
تم رصد غاز ثاني أكسيد الكبريت في مواقع الرصد الخمسة وقد أظهرت نتائج الرصد لفترة الرصد الحالية أن مستويات هذا الغاز في كافة مواقع الرصد كانت ضمن الحدود المنصوص عليها في القاعدة الفنية الأردنية لنوعية الهواء المحيط رقم ١١٤٠/ ٢٠٠٦ والبالغة ٣٠٠ جزء في البليون للمعدل الساعي و١٤٠ جزء في البليون للمعدل اليومي و٤٠ جزء في البليون للمعدل السنوي.

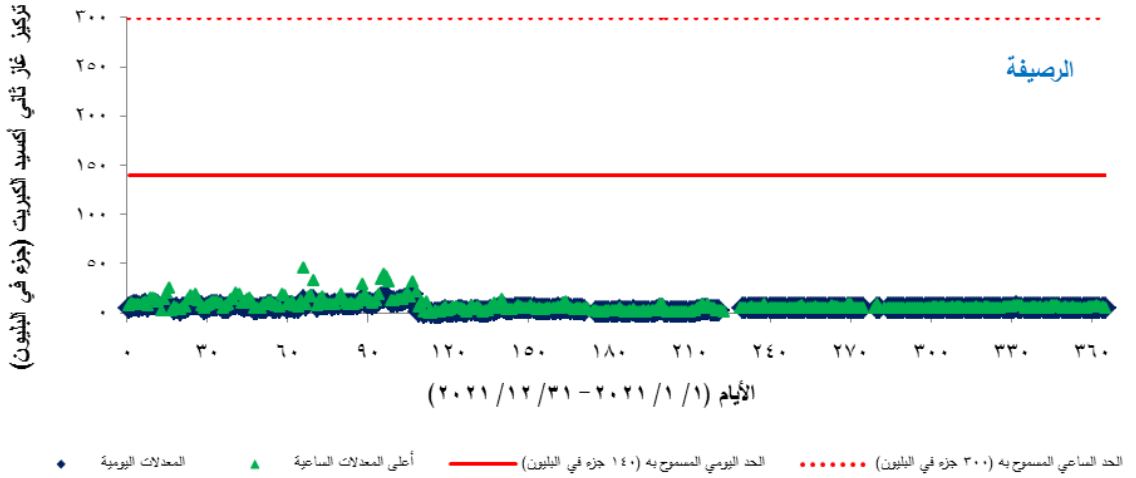
يظهر الجدول رقم (٢-١) والشكل رقم (٢-١) أدناه أن أعلى معدل ساعي سُجّل في كل موقع من مواقع الرصد هو ٢٤ جزء في البليون في البقعة، و١٣٦ جزء في البليون في الجيزة، و٦١ جزء في البليون في الخالدية، و٤٦ جزء في البليون في الرصيفة و١٠٤ جزء في البليون في الموقر، وكما ذكر أعلاه لم يُسجل أي تجاوز لحد المعدل الساعي المنصوص عليه في القاعدة الفنية الأردنية لنوعية الهواء المحيط رقم ١١٤٠/ ٢٠٠٦ والبالغ ٣٠٠ جزء في البليون في أي موقع من مواقع الرصد.

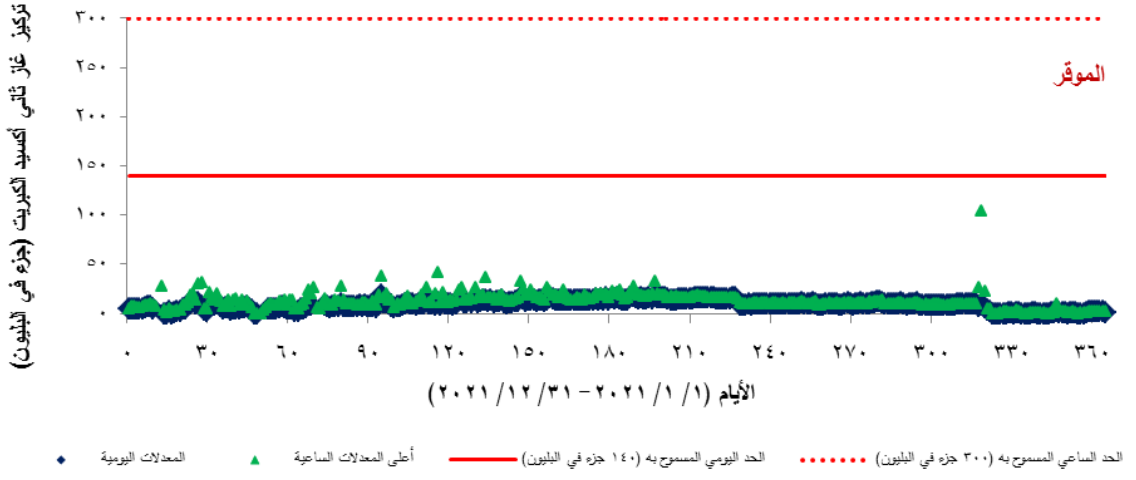
جدول رقم (٢-١): ملخص نتائج رصد المعدلات الساعيّة لغاز ثاني أكسيد الكبريت في مواقع الرصد الخمسة خلال عام ٢٠٢١.

الموقع	أعلى معدل ساعي (جزء في البليون)	وقت حدوث أعلى معدل ساعي – تاريخ الحدوث	عدد تجاوزات المعدلات الساعية لحد المواصفة	النسبة المئوية لتجاوزات المعدلات الساعية (%)
البقعة	٢٤	٠٨:٠٠ – ٢٠٢١/٣/٢١	صفر	صفر
الجيزة	١٣٦	٢٢:٠٠ – ٢٠٢١/٣/١٩	صفر	صفر
الخالدية	٦١	٠٨:٠٠ – ٢٠٢١/١/١٧	صفر	صفر
الرصيفة	٤٦	١١:٠٠ – ٢٠٢١/٣/٧	صفر	صفر
الموقر	١٠٤	٢٣:٠٠ – ٢٠٢١/١١/١٥	صفر	صفر

يبين الشكل رقم (٢-١) وجدول رقم (٢-٢) أدناه أن أعلى معدل يومي سُجّل في كل موقع من مواقع الرصد هو ٩ جزء في البليون في البقعة و٦ جزء في البليون في الجيزة و١١ جزء في البليون في الخالدية و١٨ جزء في البليون في الرصيفة و١٨ جزء في البليون في الموقر. وذلك دون تسجيل أي تجاوز لحد المعدل اليومي المنصوص عليه في القاعدة الفنية الأردنية لنوعية الهواء المحيط رقم ١١٤٠/ ٢٠٠٦ والبالغ ١٤٠ جزء في البليون في أي موقع من مواقع الرصد. ويجدر بالذكر أن المواصفة لا تسمح بتجاوز الحد اليومي لغاز ثاني أكسيد الكبريت لأكثر من مرة واحدة في السنة.

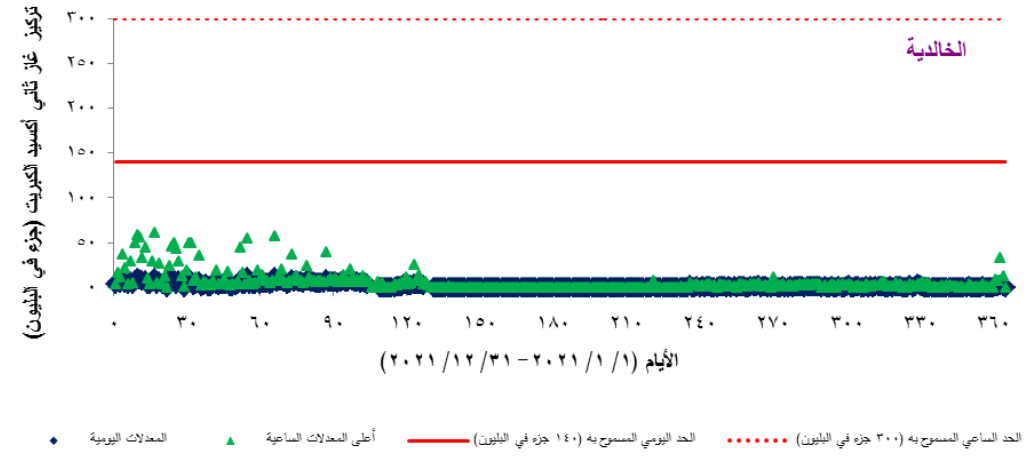


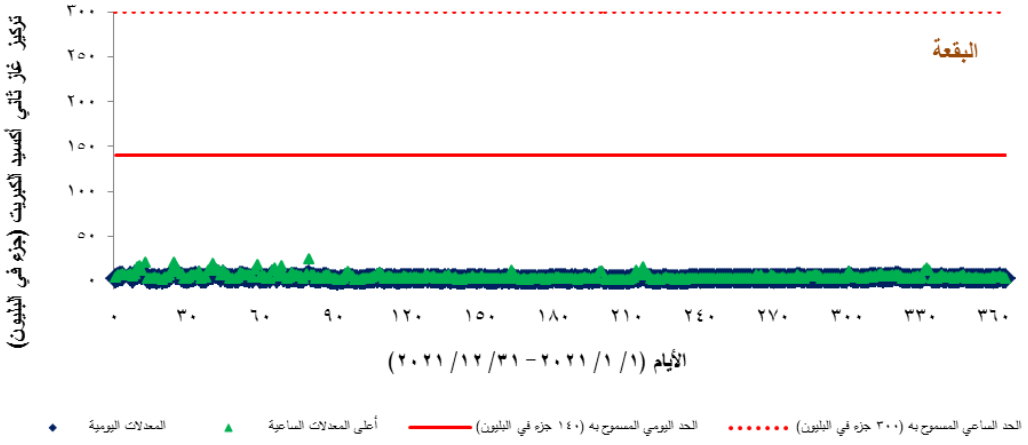




شكل رقم (٢-١): المعدلات اليومية وأعلى المعدلات الساعية لتراكيز غاز ثاني أكسيد الكبريت التي سُجلت في مواقع الرصد الخمسة خلال عام ٢٠٢١.

يتبع الشكل رقم (٢-١)





جدول رقم (٢-٢): ملخص نتائج رصد المعدلات اليوميُة لغاز ثاني أكسيد الكبريت في مواقع الرصد الخمسة خلال عام ٢٠٢١.

الموقع	أعلى معدل يومي (جزء في البليون)	تاريخ حدوث أعلى معدل يومي	عدد تجاوزات المعدلات اليومية لحد المواصفة	النسبة المئوية لتجاوزات المعدلات اليومية (%)
البقعة	٩	٢٠٢١/١/٢٥	صفر	صفر
الجيزة	٦	٢٠٢١/٣/١٩	صفر	صفر
الخالدية	١١	٢٠٢١/٣/٧	صفر	صفر
الرصيفة	١٨	٢٠٢١/٤/١٧	صفر	صفر
الموقر	١٨	٢٠٢١/٤/٥	صفر	صفر

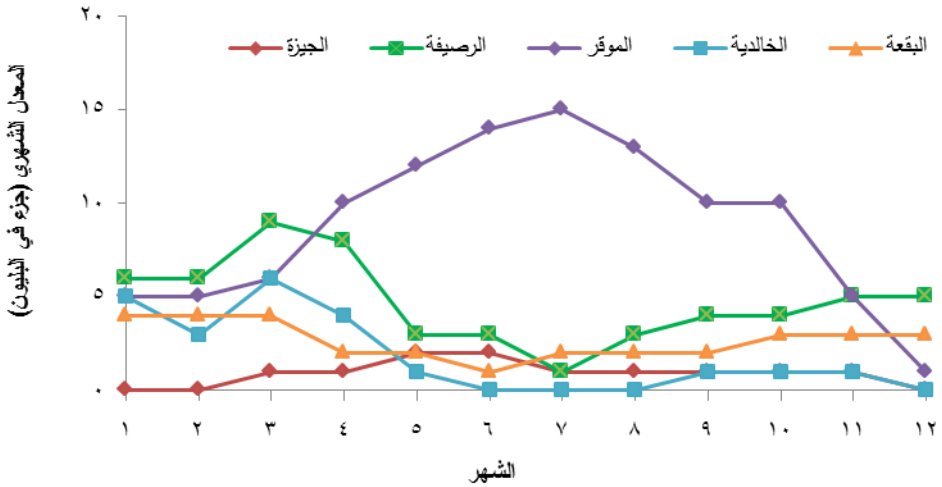
يبين الجدول رقم (٢-٣) أدناه أن أعلى معدل شهري سُجل لغاز ثاني أكسيد الكبريت خلال فترة الدراسة في كل موقع من مواقع الرصد هو ٤ جزء في البليون لأشهر كانون الثاني وشباط وآذار ٢٠٢١ في البقعة، و٢ جزء في البليون لشهري أيار وحزيران ٢٠٢١ في الجيزة، و٦ جزء في البليون لشهر آذار ٢٠٢١ في الخالدية، و٩ جزء في البليون لشهر آذار ٢٠٢١ في الرصيفة و١٥ جزء في البليون لشهر تموز ٢٠٢١ في الموقر.

جدول رقم (٢-٣): المعدلات الشهريــة لتركيز غــاز ثاني أكسيد الكبريت في جميع مواقــع الرصــد، خلال عام ٢٠٢١.

مواقع الرصد	المعدلات الشهرية (جزء في البليون)											
	كانون الثاني	شباط	آذار	نيسان	أيار	حزيران	تموز	آب	أيلول	تشرين الأول	تشرين الثاني	كانون الأول
البقعة	٤	٤	٤	٢	٢	١	٢	٢	٢	٣	٣	٣
الجيزة	٠	٠	١	١	٢	٢	١	١	١	١	١	٠
الخالدية	٥	٣	٦	٤	١	٠	٠	٠	١	١	١	٠
الرصيفة	٦	٦	٩	٨	٣	٣	١	*٣	٤	٤	٥	٥
الموقر	٥	٥	٦	١٠	١٢	١٤	١٥	١٣	١٠	١٠	٥	١

* انقطع الرصد لأكثر من ٢٥% في تلك الأشهر، ومع ذلك تم احتساب المعدلات الشهرية لها لبيان نمط التغير بالمقارنة مع الأشهر الأخرى.

ويبين الشكل رقم (٢-٢) أدناه أن هناك اختلافاً في نمط تغير قيم المعدلات الشهرية لغاز ثاني أكسيد الكبريت في مواقع الرصد لفترة الدراسة الحالية.



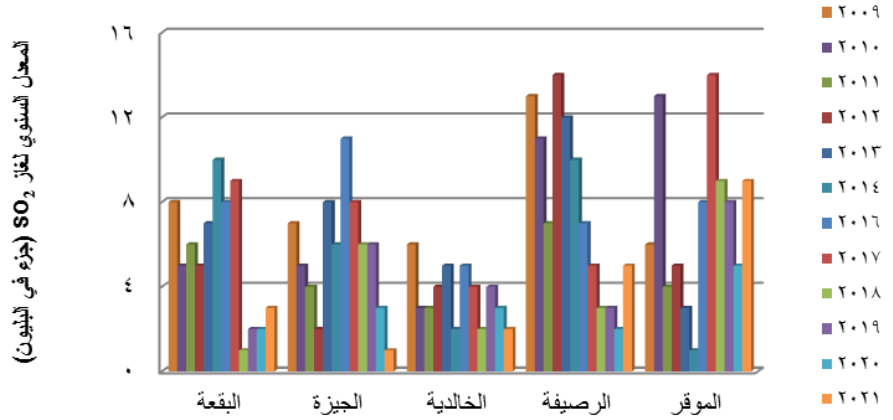
شكل رقم (٢-٢): المعدلات الشهرية لتراكيز غاز ثاني أكسيد الكبريت التي سُجلت في مواقع الرصد الخمسة خلال عام ٢٠٢١

بلغ المعدل السنوي لغاز ثاني أكسيد الكبريت في كل موقع من مواقع الرصد خلال فترة الدراسة الحالية ٣ جزء في البليون في البقعة، و١ جزء في البليون في الجيزة و٢ جزء في البليون في الخالدية و٥ جزء في البليون في الرصيفة و٩ جزء في البليون في الموقر. ولم يسجّل أي تجاوز لحد المعدل السنوي المنصوص عليه في القاعدة الفنية الأردنية لنوعية الهواء المحيط رقم ١١٤٠/ ٢٠٠٦ والبالغ ٤٠ جزء في البليون (جدول رقم (٢-٤)).

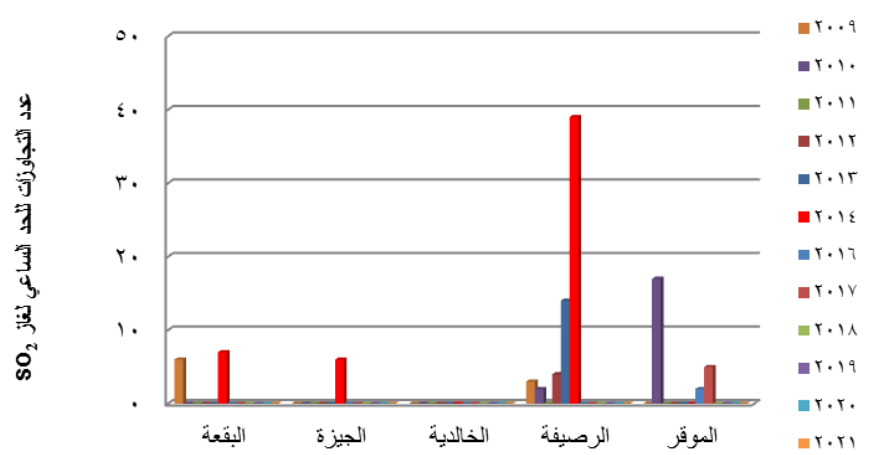
جدول رقم (٢-٤): المعدلات السنوية لغاز ثاني أكسيد الكبريت في مواقع الرصد الخمسة خلال عام ٢٠٢١.

الموقع	المعدل السنوي (جزء في البليون)
البقعة	٣
الجيزة	١
الخالدية	٢
الرصيفة	٥
الموقر	٩

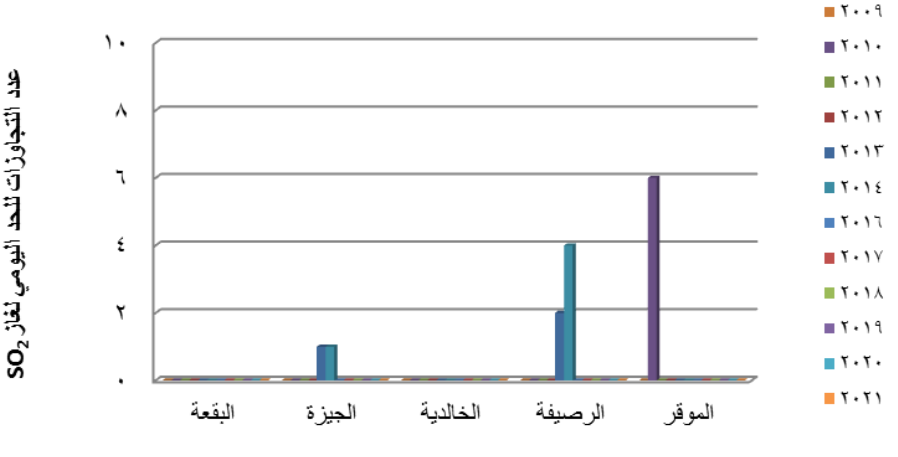
تبين الأشكال رقم (٢-٣) و(٢-٤) و(٢-٥) أدناه مقارنة مستويات غاز ثاني أكسيد الكبريت في جميع مواقع الرصد خلال عام ٢٠٢١ بمستوياته خلال الأعوام السابقة. ويلاحظ أن المعدلات السنوية لغاز ثاني أكسيد الكبريت خلال فترة الرصد الحالية انخفضت في موقعي الرصد في الجيزة والخالدية بينما ارتفعت في مواقع الرصد في البقعة والرصيفة والموقر مقارنة بمستوياتها خلال فترة الرصد السابقة.



الشكل رقم (٢-٣): مقارنة بين المعدلات السنوية لغاز ثاني أكسيد الكبريت في جميع مواقع الرصد خلال سنوات الرصد (٢٠٠٩ - ٢٠٢١)



الشكل رقم (٢-٤): مقارنة بين عدد التجاوزات المسجلة للحد الساعي لغاز ثاني أكسيد الكبريت في جميع مواقع الرصد خلال سنوات الرصد (٢٠٠٩ – ٢٠٢١)



الشكل رقم (٢-٥): مقارنة بين عدد التجاوزات المسجلة للحد اليومي لغاز ثاني أكسيد الكبريت في جميع مواقع الرصد خلال سنوات الرصد (٢٠٠٩ – ٢٠٢١)

٢-٢ كبريتيد الهيدروجين (H_2S)

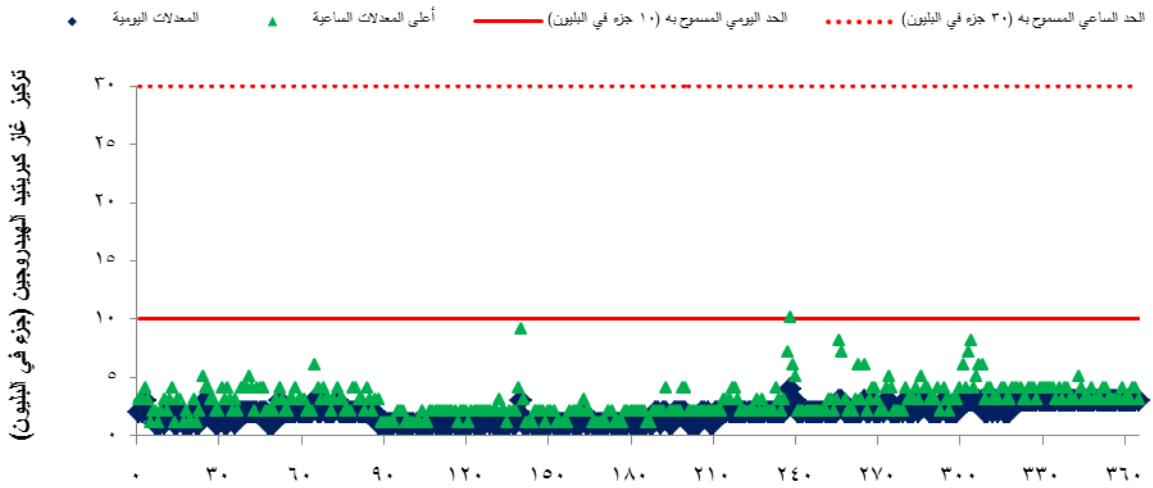
تم رصد غاز كبريتيد الهيدروجين في موقع الرصد في البقعة خلال عام ٢٠٢١ للتعرف على مستويات هذا الغاز في منطقة البقعة حيث من المتوقع أن ينبعث هذا الغاز من محطة معالجة المياه العادمة الواقعة شمال موقع الرصد.

كما هو مبين في الجدول رقم (٢ – ٥) و الشكل رقم (٢-٦) فإن أعلى معدل ساعي لغاز كبريتيد الهيدروجين خلال فترة الرصد الحالية وصل إلى ١٠ جزء في البليون ولم يُسجل أي تجاوز للحد الساعي المنصوص عليه في القاعدة الفنية الأردنية رقم ١١٤٠/ ٢٠٠٦ والبالغ ٣٠ جزء في البليون.

كما ويظهر الشكل رقم (٢-٦) والجدول رقم (٢ – ٦) أدناه المعدلات اليومية وأعلى معدل يومي وعدد تجاوزات المعدل اليومي في موقع الرصد في البقعة، حيث بلغ أعلى معدل يومي ٤ جزء في البليون ولم يُسجل أي تجاوز للحد اليومي المنصوص عليه في القاعدة الفنية الأردنية رقم ١١٤٠/ ٢٠٠٦ والبالغ ١٠ جزء في البليون.

جدول رقم (٢-٥): ملخص نتائج رصد المعدلات الساعية لغاز كبريتيد الهيدروجين في البقعة خلال عام ٢٠٢١.

الموقع	أعلى معدل ساعي (جزء في البليون)	وقت وتاريخ حدوث أعلى معدل ساعي	عدد تجاوزات المعدلات الساعية لحد المواصفة	النسبة المئوية لتجاوزات المعدلات الساعية (%)
البقعة	١٠	٢٠٢١/٨/٢٦ – ٢١:٠٠	صفر	صفر



شكل رقم (٢-٦): المعدلات اليومية وأعلى المعدلات الساعية لتراكيز غاز كبريتيد الهيدروجين التي سُجلت في موقع الرصد في البقعة خلال عام ٢٠٢١.

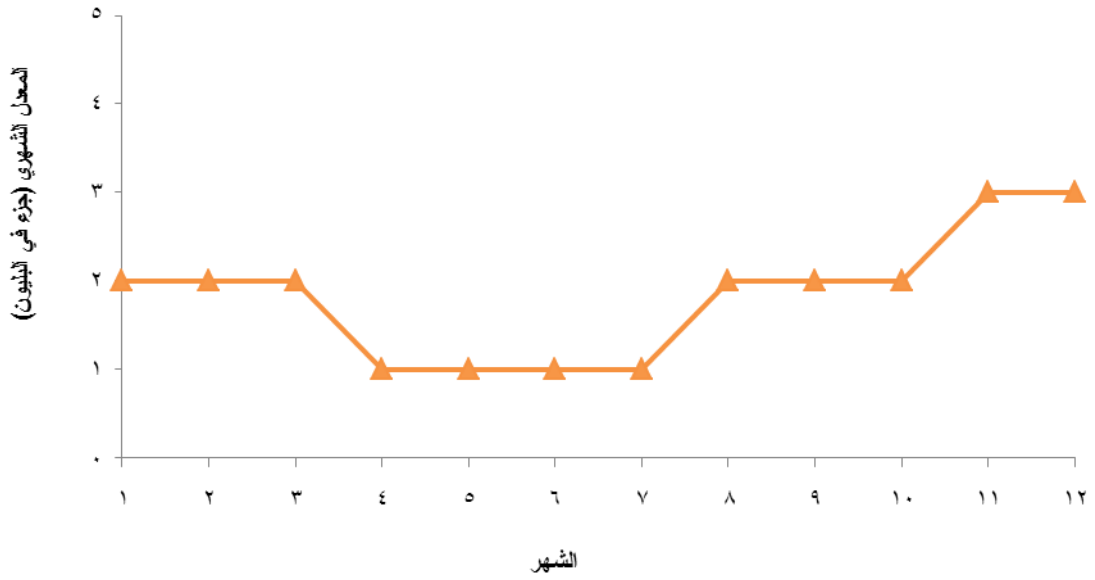
جدول رقم (٢-٦): ملخص نتائج رصد المعدلات اليومية لغاز كبريتيد الهيدروجين في البقعة خلال عام ٢٠٢١.

الموقع	أعلى معدل يومي (جزء في البليون)	تاريخ حدوث أعلى معدل يومي	عدد تجاوزات المعدلات اليومية لحد المواصفة	النسبة المئوية لتجاوزات المعدلات اليومية (%)
البقعة	٤	٢٠٢١/٨/٢٦	صفر	صفر

يظهر الشكل رقم (٢-٧) والجدول رقم (٢-٧) أدناه أن أعلى معدل شهري وصل إلى ٣ جزء في البليون خلال شهري تشرين الثاني وكانون الأول ٢٠٢١. كما يلاحظ تقارب المعدلات الشهرية لغاز كبريتيد الهيدروجين لفترة الدراسة الحالية في معظم أشهر الرصد.

جدول رقم (٢-٧): المعدلات الشهريـــة والمعدل السنوي لتركيز غـــاز كبريتيد الهيدروجين في موقع الرصد في البقعة، خلال عام ٢٠٢١.

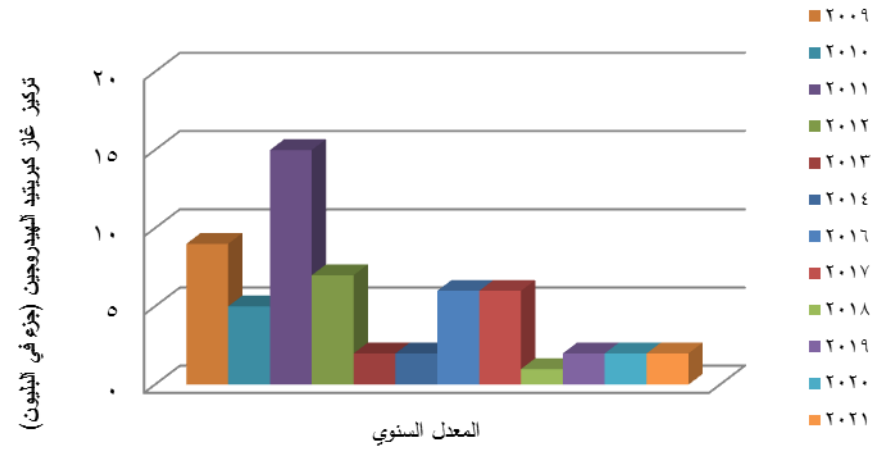
المعدلات الشهرية (جزء في البليون)												المعدل السنوي (جزء في البليون)
كانون الثاني	شباط	آذار	نيسان	أيار	حزيران	تموز	آب	أيلول	تشرين الأول	تشرين الثاني	كانون الأول	
٢	٢	٢	١	١	١	١	٢	٢	٢	٣	٣	٢



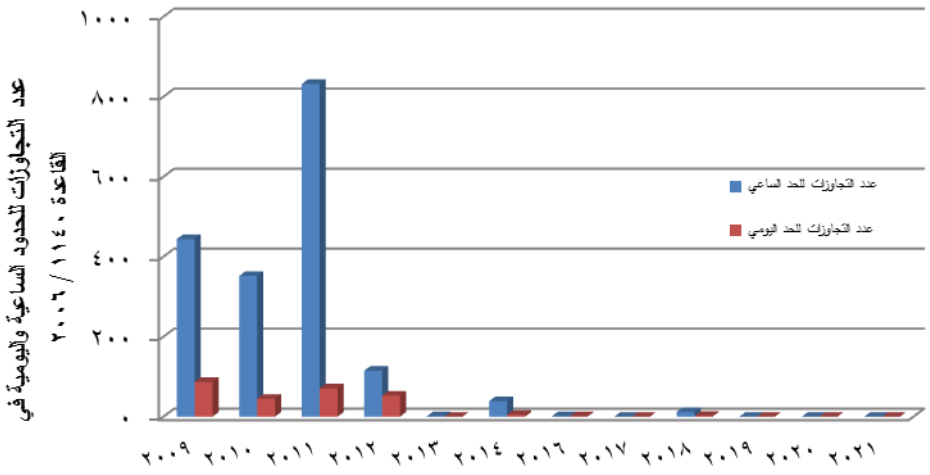
شكل رقم (٢-٧): المعدلات الشهرية لتراكيز غاز كبريتيد الهيدروجين التي سُجلت في موقع الرصد في البقعة خلال عام ٢٠٢١

تبين الأشكال رقم (٢-٨) و (٢-٩) أدناه مقارنة مستويات غاز كبريتيد الهيدروجين خلال عام ٢٠٢١ بمستوياته خلال الأعوام السابقة. حيث يلاحظ أن المعدل السنوي لهذا الغاز خلال فترة الدراسة الحالية تساوى مع المعدل السنوي خلال

فترة الرصد السابقة حيث بلغ المعدل السنوي ٢ جزء في البليون (جدول رقم (٢-٧) أعلاه)، ولم يُسجل فيها أي تجاوزات لحدود المعدلات الساعية واليومية المنصوص عليها في القاعدة الفنية الأردنية رقم ٢٠٠٦/١١٤٠.



الشكل رقم (٢-٨): مقارنة بين المعدلات السنوية لغاز كبريتيد الهيدروجين في موقع الرصد في البقعة خلال سنوات الرصد (٢٠٠٩-٢٠٢١)



الشكل رقم (٢-٩): مقارنة بين عدد التجاوزات لحدود المعدلات الساعية واليومية لغاز كبريتيد الهيدروجين في موقع الرصد في البقعة خلال سنوات الرصد (٢٠٠٩ - ٢٠٢١)

٢-٣ الأمونيا (NH_3)

تم رصد غاز الأمونيا في الخالدية خلال عام ٢٠٢١ للتعرف على مستويات هذا الغاز في هذه المنطقة المحاطة بالعديد من مزارع الأبقار حيث من المتوقع أن ينبعث هذا الغاز من تلك المزارع.

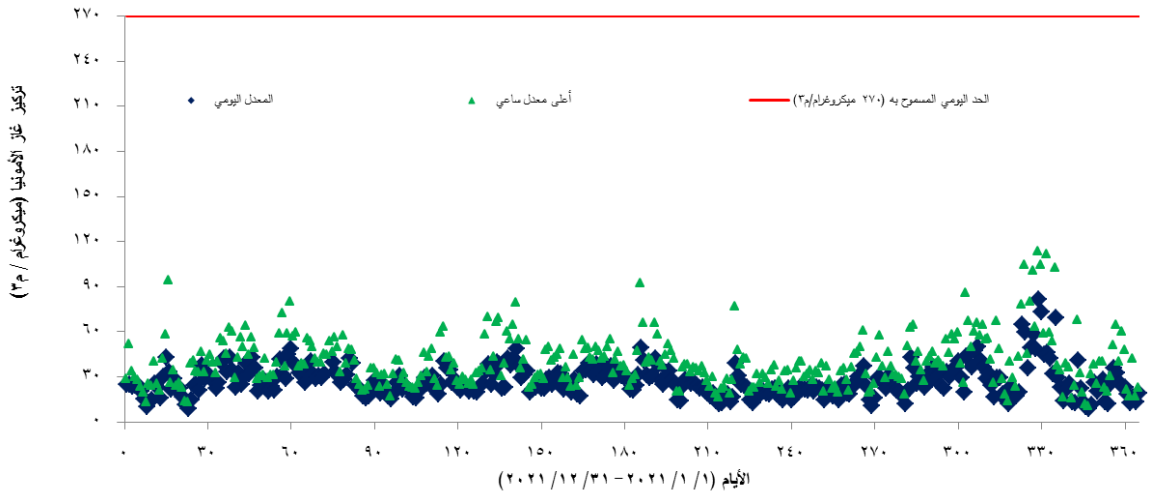
تبين نتائج الدراسة أن مستويات هذا الغاز في الخالدية كانت مرتفعة نسبياً فكما هو مبين في الجدولين رقم (٢ - ٨) و(٢-٩) والشكل رقم (٢-١٠) أدناه وقد وصل أعلى معدل ساعي إلى ١١٤ ميكروغرام/م^3 وأعلى معدل يومي إلى ٨١ ميكروغرام/م^3 وهو أقل من حد القاعدة الفنية الأردنية رقم ١١٤٠/ ٢٠٠٦ اليومي والبالغ ٢٧٠ ميكروغرام/م^3.

جدول رقم (٢-٨): ملخص نتائج رصد المعدلات الساعية لغاز الأمونيا في الخالدية خلال عام ٢٠٢١.

الموقع	أعلى معدل ساعي (ميكروغرام/م^3)	وقت وتاريخ حدوث أعلى معدل ساعي	عدد تجاوزات المعدلات الساعية لحد المواصفة	النسبة المئوية لتجاوزات المعدلات الساعية (%)
الخالدية: بلدية الخالدية	١١٤	١٧:٠٠ ٢٠٢١/١١/٢٥	لا يوجد مواصفة	لا يوجد مواصفة

جدول رقم (٢-٩): ملخص نتائج رصد المعدلات اليومية لغاز الأمونيا في الخالدية خلال عام ٢٠٢١.

الموقع	أعلى معدل يومي (ميكروغرام/م^3)	تاريخ حدوث أعلى معدل يومي	عدد تجاوزات المعدلات اليومية لحد المواصفة	النسبة المئوية لتجاوزات المعدلات اليومية (%)
الخالدية: بلدية الخالدية	٨١	٢٠٢١/١١/٢٥	صفر	صفر

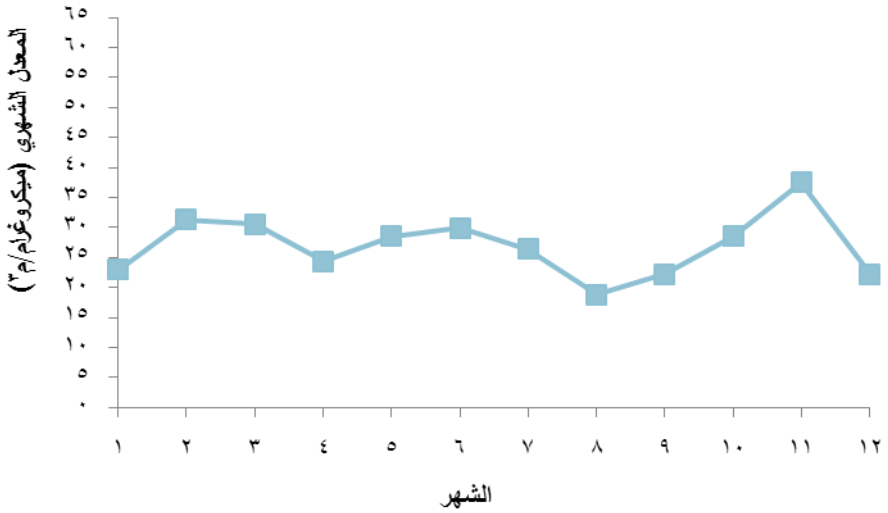


شكل رقم (٢-١٠): المعدلات اليومية وأعلى المعدلات الساعية لتراكيز غاز الأمونيا التي سُجلت في موقع الرصد في الخالدية خلال عام ٢٠٢١.

يظهر الشكل رقم (٢-١١) وجدول رقم (٢-١٠) أدناه أن أعلى معدل شهري وصل إلى ٣٨ ميكروغرام/م^3 خلال شهر تشرين الثاني ٢٠٢١، بينما بلغ المعدل السنوي ٢٧ ميكروغرام/م^3 وهو أعلى من الحد السنوي لغاز الأمونيا حسب القاعدة الفنية الأردنية رقم ١١٤٠/ ٢٠٠٦ والبالغ ٨ ميكروغرام/م^3.

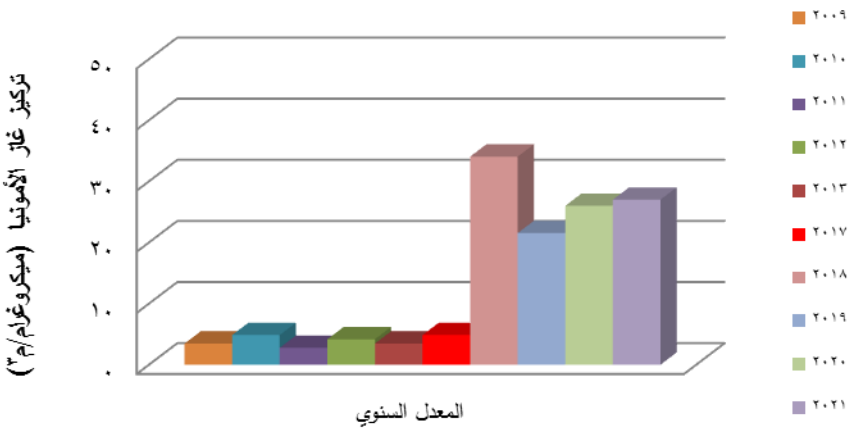
جدول رقم (٢-١٠): المعدلات الشهريــة والمعدل السنوي (ميكروغرام/م٣) لتركيز غــاز الأمونيا في موقع الرصد في الخالدية، خلال عام ٢٠٢١.

المعدلات الشهرية												المعدل السنوي
كانون الثاني	شباط	آذار	نيسان	أيار	حزيران	تموز	آب	أيلول	تشرين الأول	تشرين الثاني	كانون الأول	
٢٣	٣١	٣١	٢٤	٢٨	٣٠	٢٦	١٩	٢٢	٢٨	٣٨	٢٢	٢٧

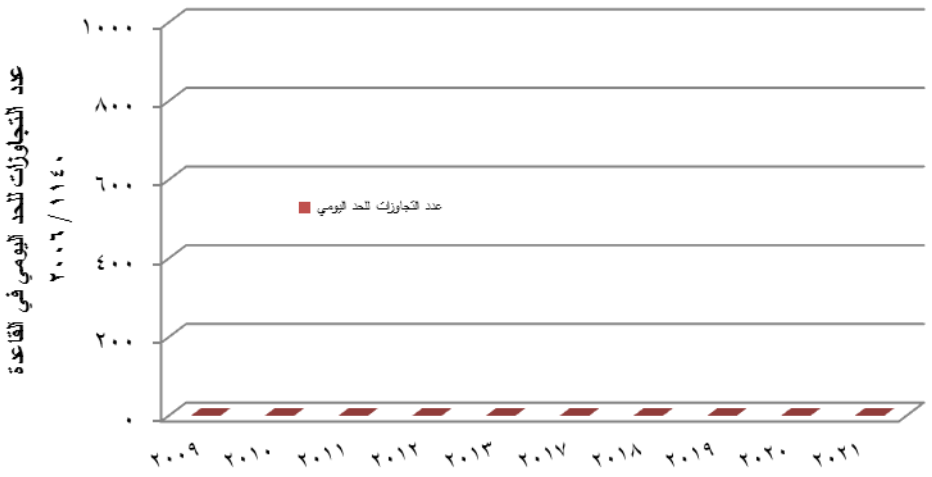


شكل رقم (٢-١١): المعدلات الشهرية لتراكيز غاز الأمونيا التي سُجلت في موقع الرصد في الخالدية خلال عام ٢٠٢١

تبين الأشكال رقم (٢-١٢) و (٢-١٣) أدناه مقارنة مستويات غاز الأمونيا خلال عام ٢٠٢١ بمستوياته خلال الأعوام السابقة. حيث يلاحظ أن المعدل السنوي لهذا الغاز ارتفع بشكل طفيف مقارنة بالمعدل السنوي لعام ٢٠٢٠، ويلاحظ بأن المعدلات السنوية للأعوام ٢٠١٨-٢٠٢١ أعلى بشكل ملحوظ من المعدلات السنوية للأعوام السابقة جميعها حيث بلغ المعدل السنوي ٣٤ و٢٢ و٢٦ و٢٧ ميكروغرام/م^3 للأعوام ٢٠١٨ و ٢٠١٩ و ٢٠٢٠ و٢٠٢١ على التوالي وهو أعلى من الحد السنوي لغاز الأمونيا حسب القاعدة الفنية الأردنية رقم ١١٤٠/ ٢٠٠٦ والبالغ ٨ ميكروغرام/م^3. كما ويلاحظ أنه لم يتم تسجيل أي تجاوز للحد اليومي لغاز الأمونيا حسب القاعدة الفنية الأردنية رقم ١١٤٠/ ٢٠٠٦ والبالغ ٢٧٠ ميكروغرام/م^3 خلال جميع سنوات الرصد.



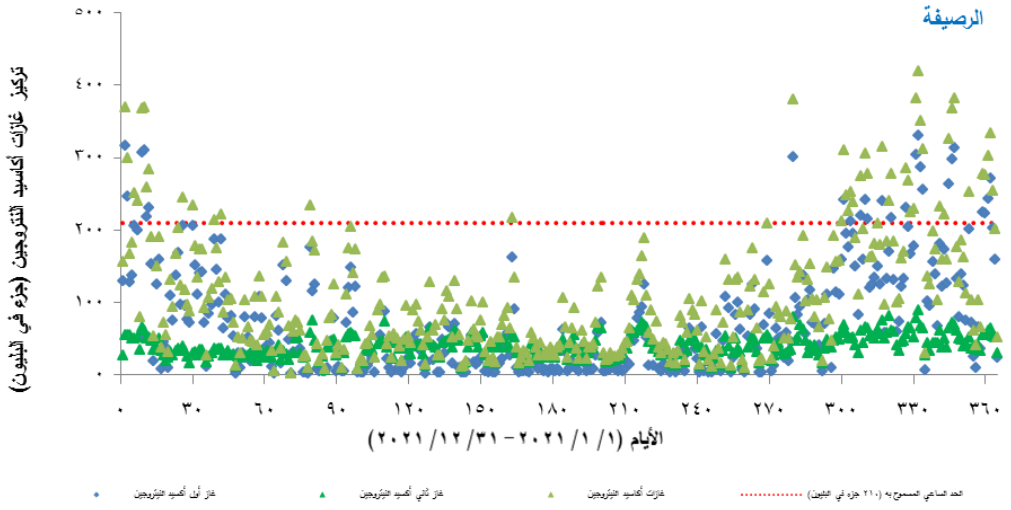
الشكل رقم (٢-١٢): مقارنة بين المعدلات السنوية لغاز الأمونيا في موقع الرصد في الخالدية خلال سنوات الرصد (٢٠٠٩-٢٠٢١)

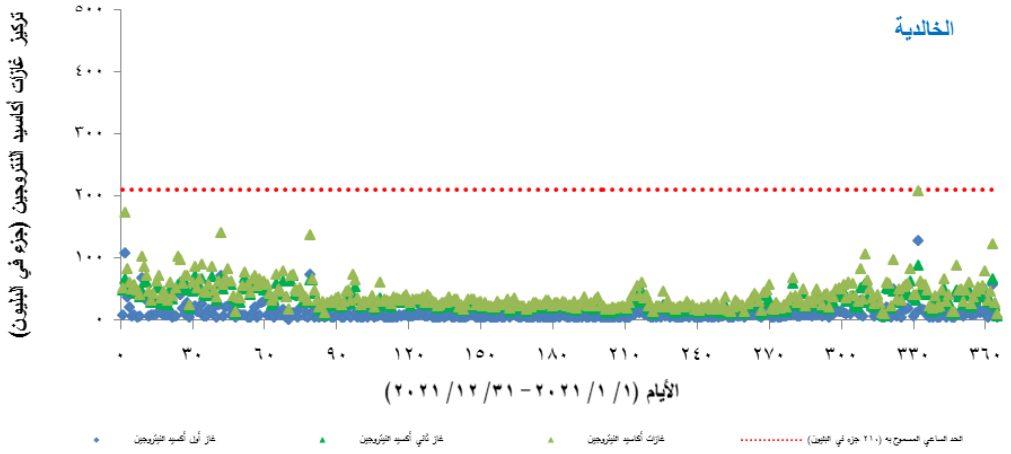


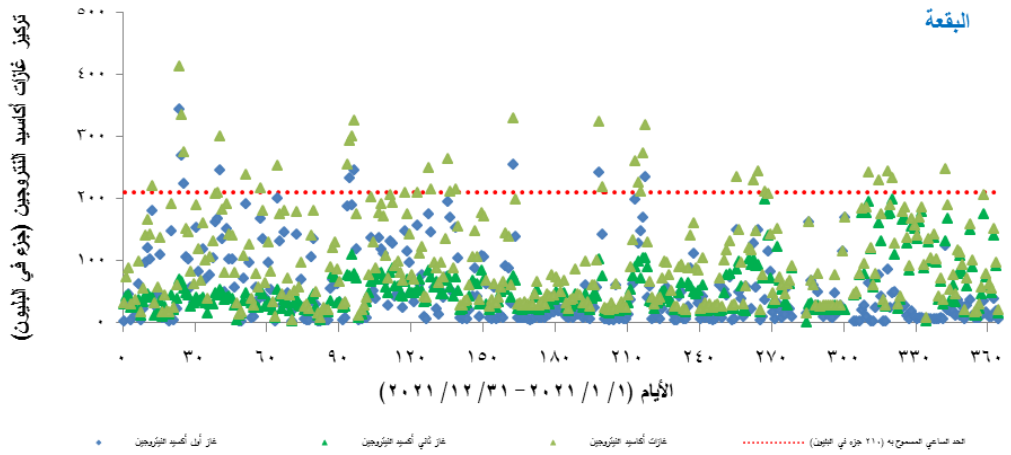
الشكل رقم (٢-١٣): مقارنة بين عدد التجاوزات لحد المعدل اليومي لغاز الأمونيا في موقع الرصد في الخالدية خلال سنوات الرصد (٢٠٠٩ – ٢٠٢١)

٢-٤ أكاسيد النيتروجين (NO, NO_2 & NO_x)

تم رصد غازات أكاسيد النيتروجين (NO, NO_2 & NO_x) في مواقع الرصد الخمسة وقد أظهرت نتائج الرصد خلال عام ٢٠٢١ أن مستويات غاز ثاني أكسيد النيتروجين في جميع مواقع الرصد في الخالدية والجيزة والرصيفة والموقر والبقعة كانت ضمن الحدود المنصوص عليها في القاعدة الفنية الأردنية لنوعية الهواء المحيط رقم ١١٤٠/ ٢٠٠٦ والبالغة ٢١٠ جزء في البليون للمعدل الساعي و ٨٠ جزء في البليون للمعدل اليومي و ٥٠ جزء في البليون للمعدل السنوي ولم يُسجل أي تجاوز لتلك الحدود في تلك المواقع. الشكلان رقم (٢-١٤) و (٢-١٥) أدناه يوضحان أعلى المعدلات الساعية والمعدلات اليومية المسجلة لتراكيز غازات أكاسيد النيتروجين (NO, NO_2 & NO_x) خلال عام ٢٠٢١.

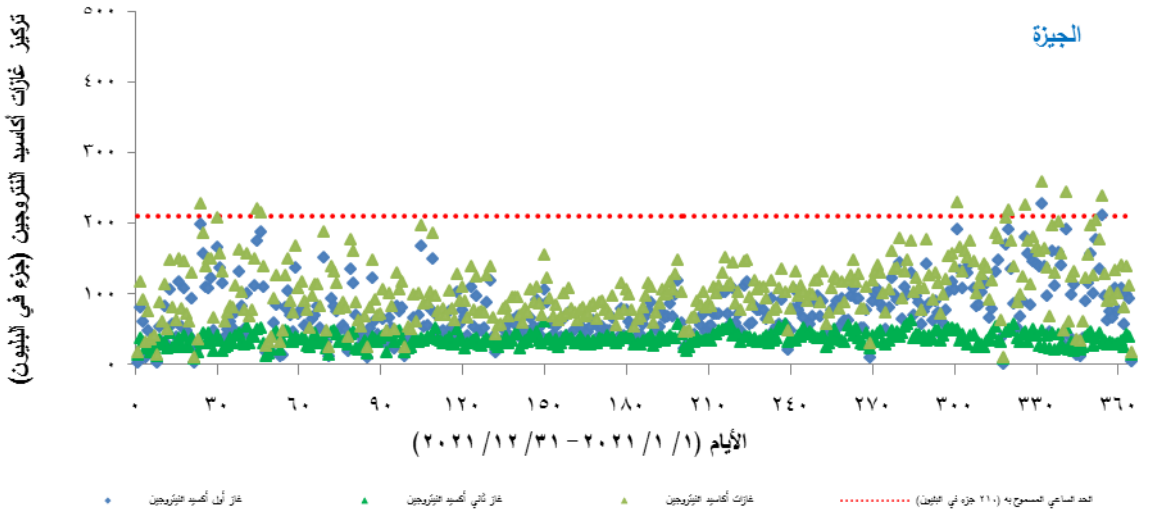


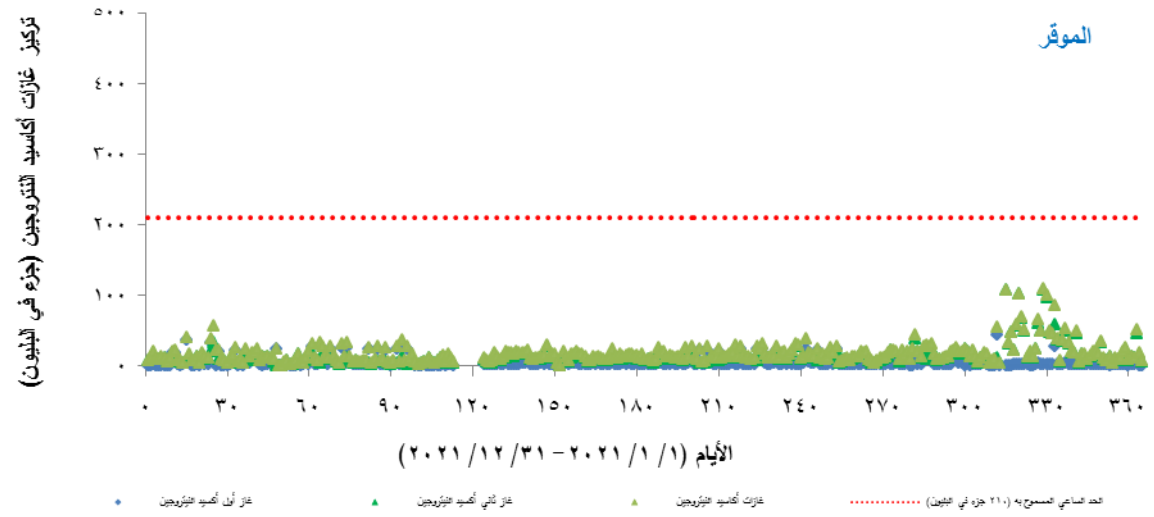


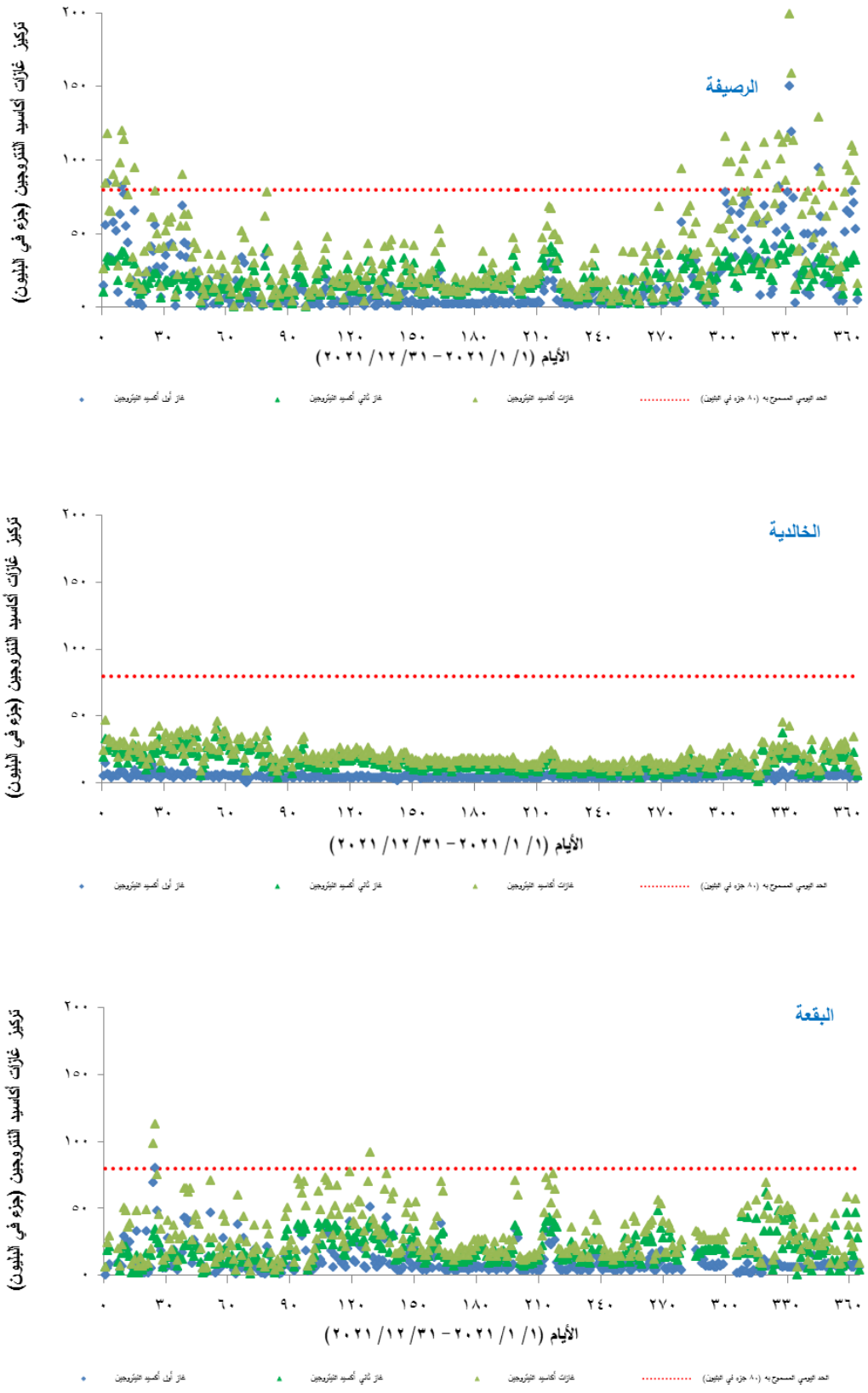


شكل رقم (٢-١٤): أعلى المعدلات الساعية لتراكيز غازات أكاسيد النتروجين (NO, NO_2 & NOx) التي سُجلت في مواقع الرصد الخمسة خلال عام ٢٠٢١.

يتبع الشكل رقم (٢-١٤)

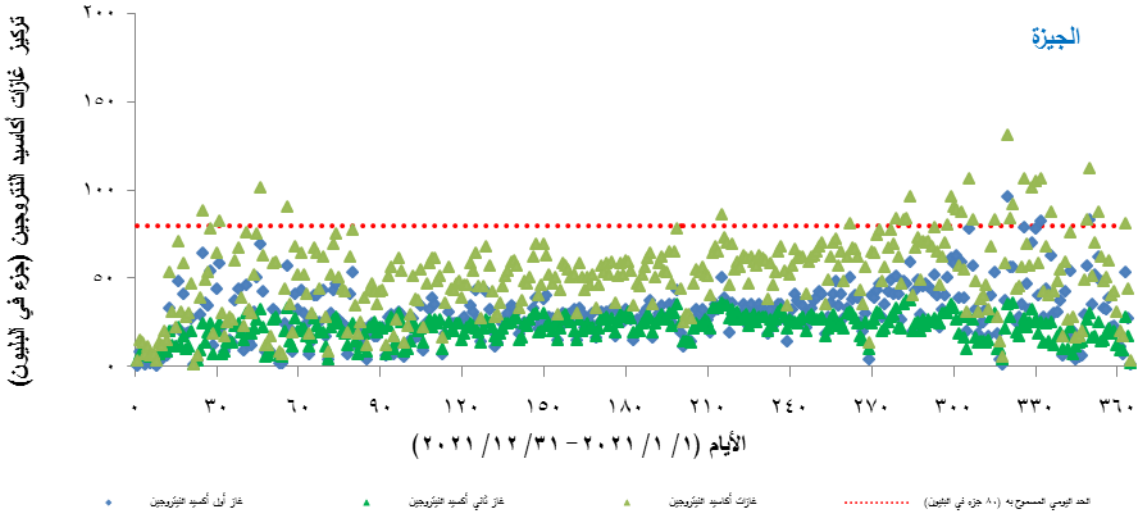


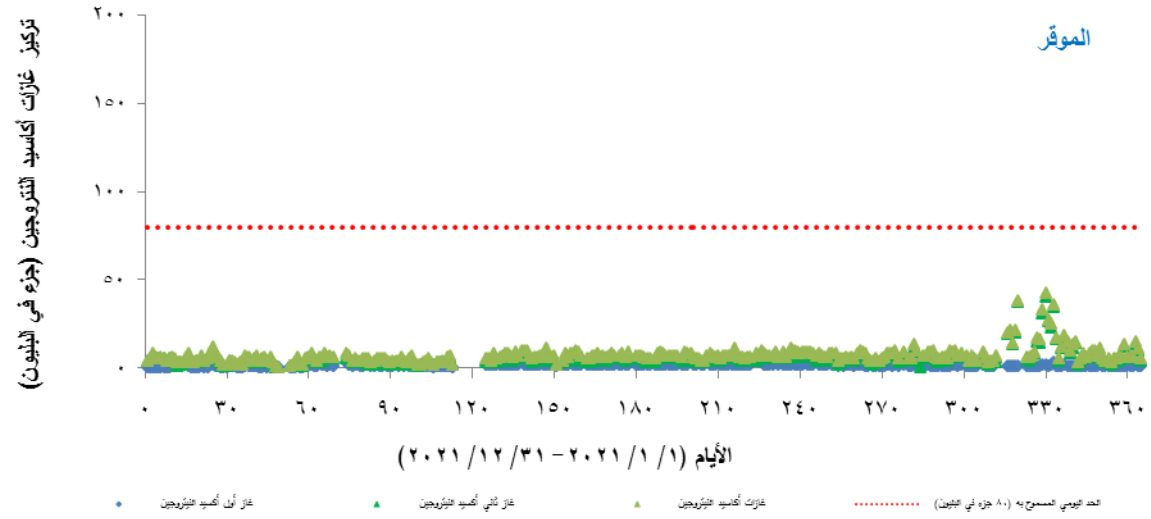




شكل رقم (٢-١٥): المعدلات اليومية لتراكيز غازات أكاسيد النتروجين (NO, NO_2 & NOx) التي سُجلت في مواقع الرصد الخمسة خلال عام ٢٠٢١.

يتبع الشكل رقم (٢-١٥)





يبين الجدولان رقم (٢-١١) و (٢-١٢) أدناه أن أعلى معدل ساعي لغاز ثاني أكسيد النيتروجين في كل موقع من مواقع الرصد هو ١٩٨ جزء في البليون في البقعة و٦٢ جزء في البليون في الجيزة و٨٨ جزء في البليون في الخالدية و٨٨ جزء في البليون في الرصيفة و١٠٧ جزء في البليون في الموقر. في حين بلغ أعلى معدل يومي لغاز ثاني أكسيد النيتروجين في كل موقع من مواقع الرصد ٦٢ جزء في البليون في البقعة و٣٧ جزء في البليون في الجيزة و٤٠ جزء في البليون في الخالدية و٤٩ جزء في البليون في الرصيفة و٤٠ جزء في البليون في الموقر.

جدول رقم (٢-١١): ملخص نتائج رصد المعدلات الساعية لغاز ثاني أكسيد النيتروجين (NO_2) في مواقع الرصد الخمسة خلال عام ٢٠٢١.

الموقع	أعلى معدل ساعي (جزء في البليون)	وقت حدوث أعلى معدل ساعي – تاريخ الحدوث	عدد تجاوزات المعدلات الساعية لحد المواصفة	النسبة المئوية لتجاوزات المعدلات الساعية (%)
البقعة	١٩٨	٢٤:٠٠ ، ٢٠٢١/٩/٢٥	صفر	صفر
الجيزة	٦٢	١٩:٠٠ ، ٢٠٢١/١٠/١١	صفر	صفر
الخالدية	٨٨	٢٠:٠٠ ، ٢٠٢١/١١/٢٨	صفر	صفر
الرصيفة	٨٨	١٨:٠٠ ، ٢٠٢١/١١/٢٨	صفر	صفر
الموقر	١٠٧	١٨:٠٠ ، ٢٠٢١/١١/١١	صفر	صفر

جدول رقم (٢- ١٢): ملخص نتائج رصد المعدلات اليومية لغاز ثاني أكسيد النيتروجين (NO_2) في مواقع الرصد الخمسة خلال عام ٢٠٢١.

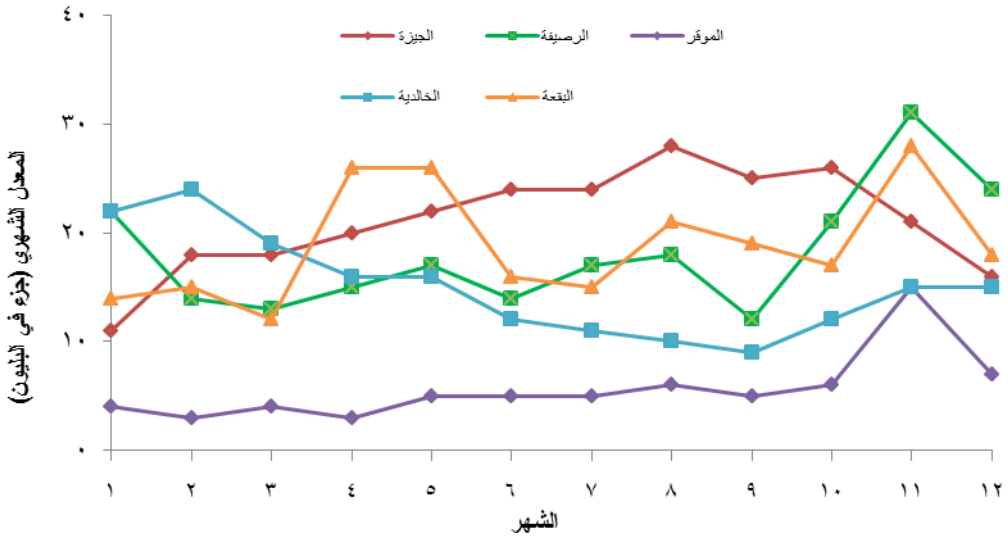
الموقع	أعلى معدل يومي (جزء في البليون)	تاريخ حدوث أعلى معدل يومي	عدد تجاوزات المعدلات اليومية لحد المواصفة	النسبة المئوية لتجاوزات المعدلات اليومية (%)
البقعة	٦٢	٢٠٢١/١١/١٦	صفر	صفر
الجيزة	٣٧	٢٠٢١/١٠/١١	صفر	صفر
الخالدية	٤٠	٢٠٢١/٢/٢٥	صفر	صفر
الرصيفة	٤٩	٢٠٢١/١١/٢٨	صفر	صفر
الموقر	٤٠	٢٠٢١/١١/٢٦	صفر	صفر

يبين الشكل رقم (٢-١٦) والجدول رقم (٢-١٣) أدناه أن أعلى معدل شهري سُجل لغاز ثاني أكسيد النيتروجين في كل موقع من مواقع الرصد هو ٣١ جزء في البليون في الرصيفة لشهر تشرين الثاني ٢٠٢١ و٢٨ جزء في البليون في البقعة لشهر تشرين الثاني ٢٠٢١ و٢٨ جزء في البليون في الجيزة لشهر آب ٢٠٢١ و١٥ جزء في البليون في الموقر لشهر تشرين الثاني ٢٠٢١ و٢٤ جزء في البليون في الخالدية لشهر شباط ٢٠٢١.

جدول رقم (٢-١٣): المعدلات الشهريــة لتركيز غــاز ثاني أكسيد النيتروجين في جميع مواقــع الرصــد، خلال عام ٢٠٢١.

مواقع الرصد	المعدلات الشهرية (جزء في البليون)											
	كانون الثاني	شباط	آذار	نيسان	أيار	حزيران	تموز	آب	أيلول	تشرين الأول	تشرين الثاني	كانون الأول
الجيزة	١١	١٨	١٨	٢٠	٢٢	٢٤	٢٤	٢٨	٢٥	٢٦	٢١	١٦
الرصيفة	٢٢	١٤	١٣	١٥	١٧	١٤	١٧	١٨	١٢	٢١	٣١	٢٤
الموقر	٤	٣	٤	٣	٥	٥	٥	٦	٥	٦	١٥	٧
الخالدية	٢٢	٢٤	١٩	١٦	١٦	١٢	١١	١٠	٩	١٢	١٥	١٥
البقعة	١٤	١٥	١٢	٢٦	٢٦	١٦	١٥	٢١	١٩	*١٧	٢٨	١٨

* انقطع الرصد لأكثر من ٢٥% في تلك الأشهر، ومع ذلك تم احتساب المعدلات الشهرية لها لبيان نمط التغير بالمقارنة مع الأشهر الأخرى.



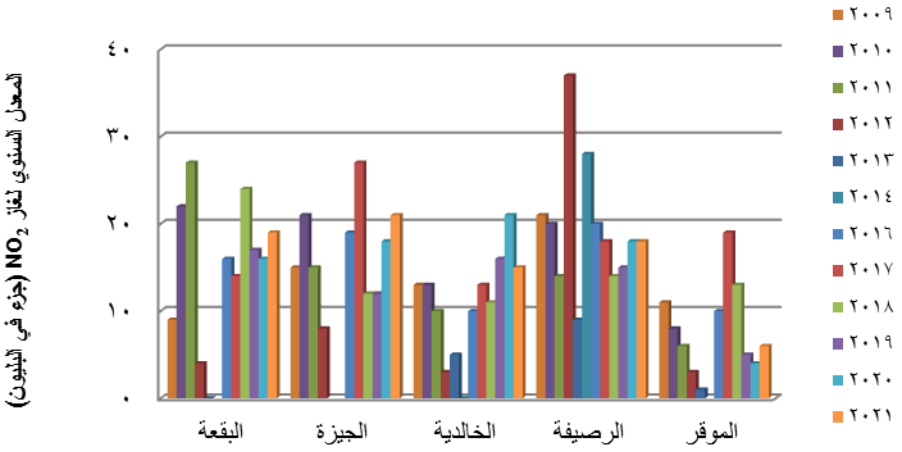
شكل رقم (٢-١٦): المعدلات الشهرية لتراكيز غاز ثاني أكسيد النيتروجين التي سُجلت في مواقع الرصد الخمسة خلال عام ٢٠٢١

يبين الجدول رقم (٢-١٤) أدناه أن المعدل السنوي لغاز ثاني أكسيد النيتروجين في كل موقع من مواقع الرصد هو ١٩ جزء في البليون في البقعة و٢١ جزء في البليون في الجيزة و١٥ جزء في البليون في الخالدية و١٨ جزء في البليون في الرصيفة و٦ جزء في البليون في الموقر. ولم يسجل أي تجاوز لحد المعدل السنوي المنصوص عليه في القاعدة الفنية الأردنية لنوعية الهواء المحيط رقم ١١٤٠/ ٢٠٠٦ والبالغ ٥٠ جزء في البليون.

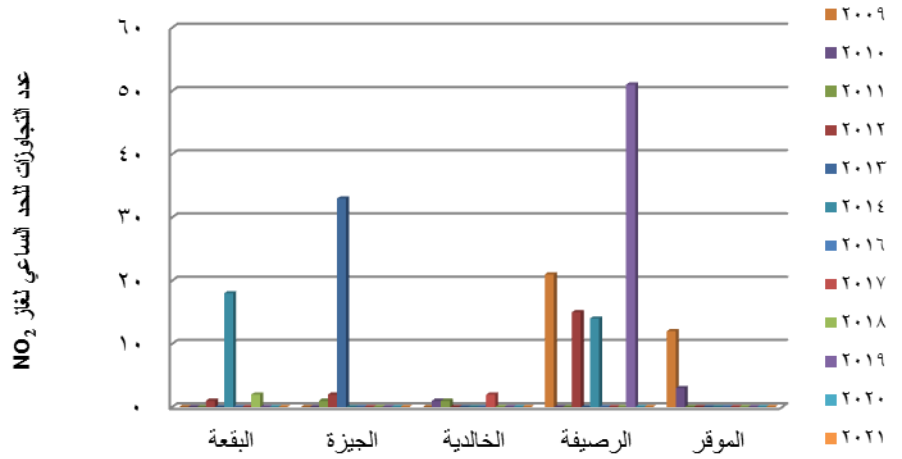
كما وتبين الأشكال رقم (٢-١٧) و (٢-١٨) و (٢-١٩) أدناه مقارنة مستويات غاز ثاني أكسيد النيتروجين في جميع مواقع الرصد خلال عام ٢٠٢١ بمستوياته خلال الأعوام السابقة. حيث يلاحظ أن المعدلات السنوية لغاز ثاني أكسيد النيتروجين خلال عام ٢٠٢١ ارتفعت في مواقع الرصد في الموقر والبقعة والجيزة وانخفضت في موقع الرصد في الخالدية بينما لم يطرأ عليها أي تعديل في موقع الرصد في الرصيفة مقارنة بمستوياتها خلال فترة الرصد السابقة.

جدول رقم (٢-١٤): المعدلات السنوية لغاز ثاني أكسيد النيتروجين في مواقع الرصد الخمسة خلال عام ٢٠٢١.

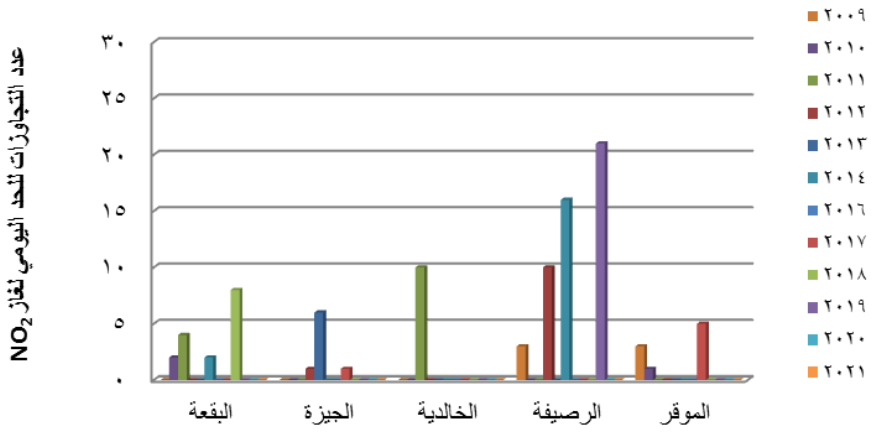
الموقع	المعدل السنوي (جزء في البليون)
البقعة	١٩
الجيزة	٢١
الخالدية	١٥
الرصيفة	١٨
الموقر	٦



الشكل رقم (٢-١٧): مقارنة بين المعدلات السنوية لغاز ثاني أكسيد النيتروجين في جميع مواقع الرصد خلال سنوات الرصد (٢٠٠٩-٢٠٢١)



الشكل رقم (٢-١٨): مقارنة بين عدد التجاوزات المسجلة للحد الساعي لغاز ثاني أكسيد النيتروجين في جميع مواقع الرصد خلال سنوات الرصد (٢٠٠٩ - ٢٠٢١)

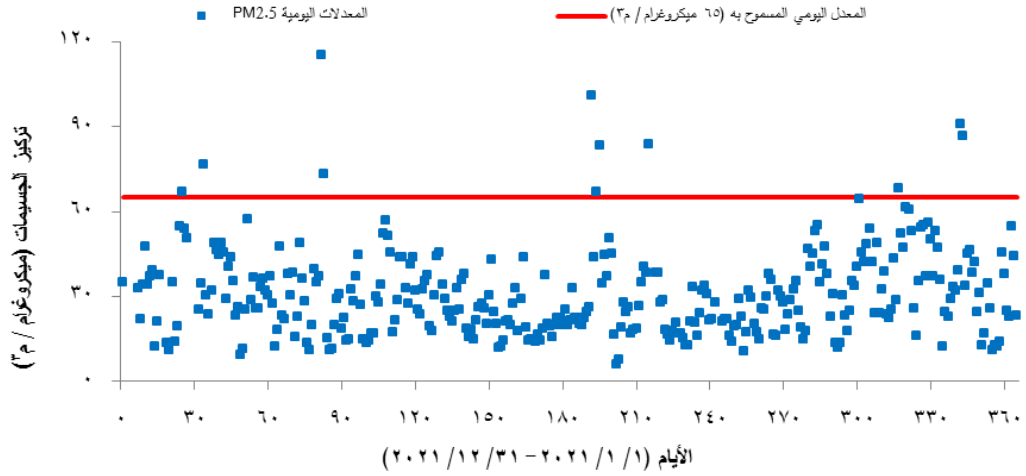


الشكل رقم (٢-١٩): مقارنة بين عدد التجاوزات المسجلة للحد اليومي لغاز ثاني أكسيد النيتروجين في جميع مواقع الرصد خلال سنوات الرصد (٢٠٠٩ – ٢٠٢١)

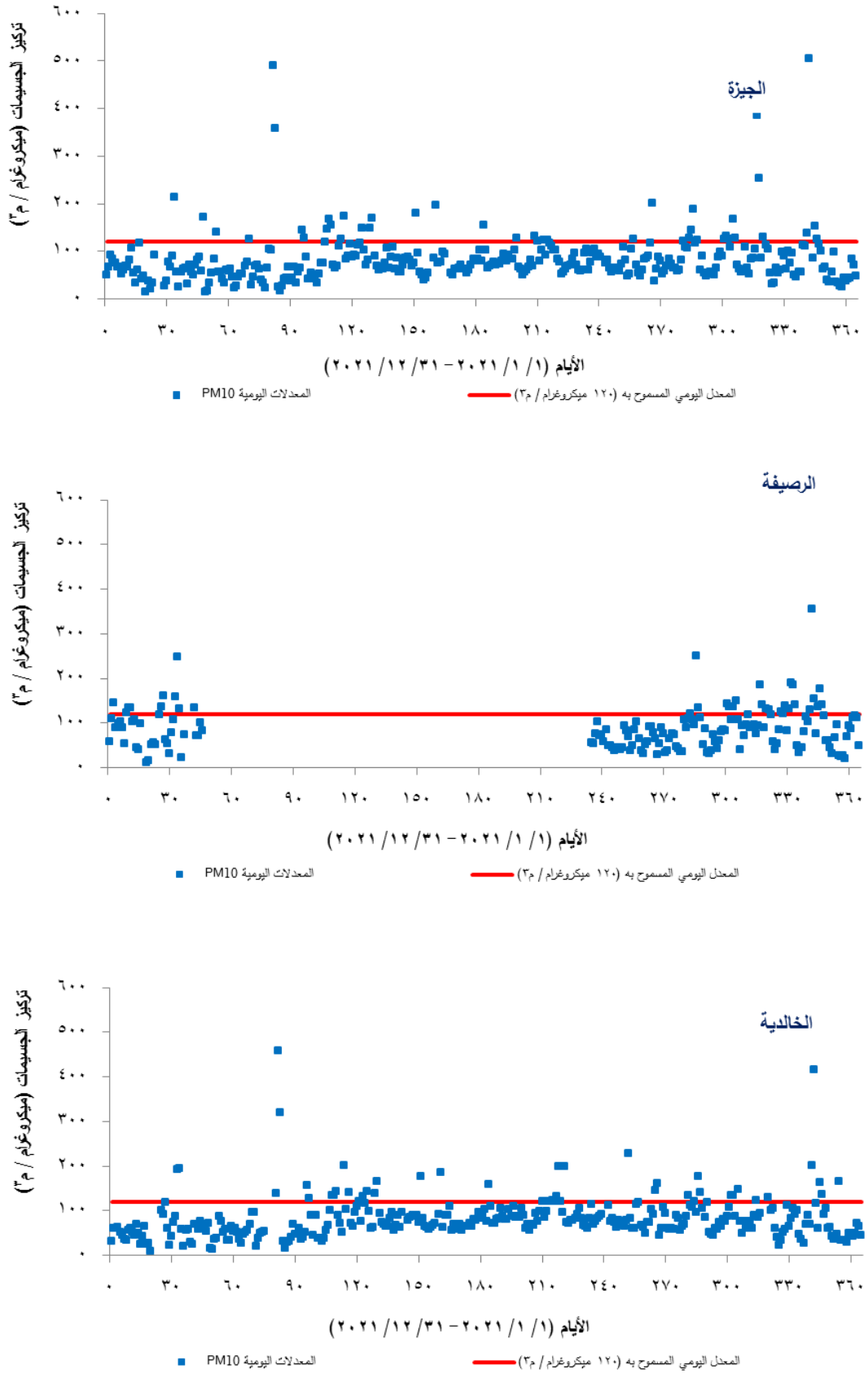
٢-٥ الجسيمات (PM_{10} & $PM_{2.5}$)

تم مراقبة مستويات تركيز الجسيمات بقطر يقل عن أو يساوي ٢,٥ ميكرون ($PM_{2.5}$) في موقع الرصد في البقعة ومراقبة مستويات تركيز الجسيمات بقطر يقل عن أو يساوي ١٠ ميكرون (PM_{10}) في مواقع الرصد في الخالدية والرصيفة والجيزة. (تجدر الاشارة هنا إلى انقطاع رصد الجسيمات لأكثر من ٢٥% خلال عام ٢٠٢١ في موقع الرصد في الرصيفة).

يبين الشكلان رقم (٢-٢٠) و(٢-٢١) أدناه المعدلات اليومية لتراكيز الجسيمات ($PM_{2.5}$ & PM_{10}) المسجلة في مواقع الرصد خلال فترة الرصد الحالية حيث سُجل العديد من التجاوزات للحد اليومي المنصوص عليه في القاعدة الفنية الأردنية وهو ١٢٠ ميكروغرام/م^3 لـ PM_{10} و ٦٥ ميكروغرام/م^3 لـ $PM_{2.5}$، ففي موقع الرصد في البقعة ($PM_{2.5}$) تم تسجيل ١١ تجاوزاً أي ما نسبته ٣,٢% من فترة الرصد، بينما سُجل ٤٣ تجاوزاً في موقع الرصد في الجيزة (PM_{10}) و٤٤ تجاوزاً في موقع الرصد في الخالدية (PM_{10}) و٣٣ تجاوزاً في موقع الرصد في الرصيفة (PM_{10}) أي ما نسبته ١٢,١% في الجيزة و١٢,٦% في الخالدية و١٩,٤% في الرصيفة من فترة الرصد.



شكل رقم (٢-٢٠): المعدلات اليومية لتراكيز الجسيمات (PM2.5) التي سُجلت في موقع الرصد في البقعة خلال عام ٢٠٢١.



شكل رقم (٢-٢١): المعدلات اليومية لتراكيز الجسيمات (PM10) التي سُجلت في مواقع الرصد الثلاثة خلال عام ٢٠٢١.

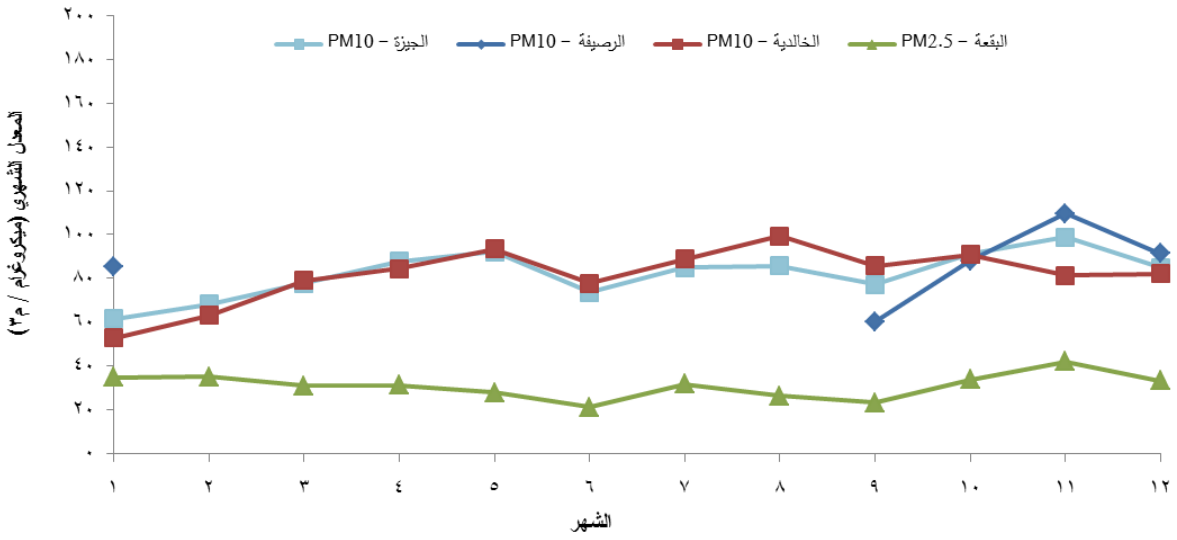
يبين الشكل رقم (٢-٢٢) والجدول رقم (٢-١٥) أدناه المعدلات الشهرية لتراكيز الجسيمات (PM_{10} & $PM_{2.5}$) التي سجلت في مواقع الرصد الأربعة خلال فترة الرصد الحالية. ويلاحظ وجود نمط مشترك للارتفاع والانخفاض في المعدلات الشهرية لتركيز الجسيمات (PM_{10}) في موقعي الرصد في الخالدية والجيزة خلال الكثير من أشهر الرصد. إن أعلى معدل شهري لتركيز الجسيمات (PM_{10} & $PM_{2.5}$) خلال فترة الدراسة في كل موقع من مواقع الرصد هو ٤٢ ميكروغرام/م^3 لشهر تشرين الثاني ٢٠٢١ في البقعة ($PM_{2.5}$) و ٩٩ ميكروغرام/م^3 لشهر تشرين الثاني ٢٠٢١ في الجيزة (PM_{10}) و ٩٩ ميكروغرام/م^3 لشهر آب ٢٠٢١ في الخالدية (PM_{10}) و ١١٠ ميكروغرام/م^3 لشهر تشرين الثاني ٢٠٢١ في الرصيفة (PM_{10}).

جدول رقم (٢-١٥): المعدلات الشهريــة (ميكروغرام/م٣) لتركيز الجسيمات (PM_{10} & $PM_{2.5}$) التي سجلت في مواقع الرصد الأربعة، خلال عام ٢٠٢١.

مواقع الرصد	المعدلات الشهرية (ميكروغرام/م٣)											
	كانون الثاني	شباط	آذار	نيسان	أيار	حزيران	تموز	آب	أيلول	تشرين الأول	تشرين الثاني	كانون الأول
الجيزة – PM_{10}	٦١	٦٨	٧٨	٨٨	٩٢	٧٤	٨٥	٨٦	٧٧	٩١	٩٩	٨٥
الرصيفة – PM_{10}	٨٥								٦٠	٨٨	١١٠	٩١
الخالدية – PM_{10}	٥٣	٦٣	٧٩	٨٤	٩٣	٧٨	٨٩	٩٩	٨٦	٩١	٨١	٨٢
البقعة – $PM_{2.5}$	*٣٥	٣٥	٣١	٣١	٢٨	٢١	٣٢	٢٦	٢٣	٣٤	٤٢	٣٣

* انقطع الرصد لأكثر من ٢٥% في تلك الأشهر، ومع ذلك تم احتساب المعدلات الشهرية لها لبيان نمط التغير بالمقارنة مع الأشهر الأخرى.

ملاحظة: انقطع رصد الجسيمات بشكل كامل في الرصيفة خلال الفترة ٢٠٢١/٢/١٦-٢٠٢١/٨/٢٢ لخلل فني في الجهاز.

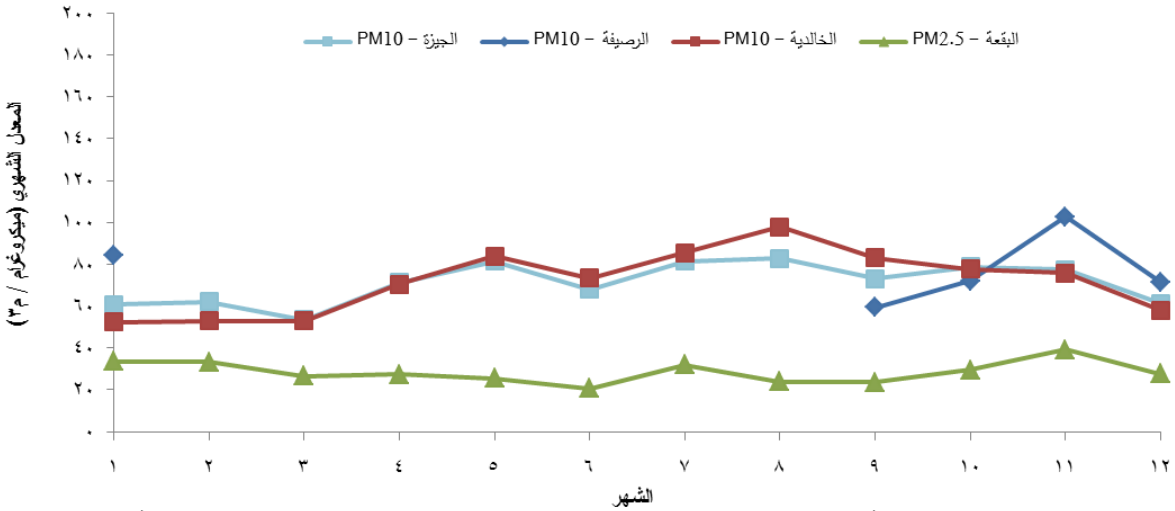


شكل رقم (٢-٢٢): المعدلات الشهرية لتراكيز الجسيمات (PM10 & PM2.5) التي سُجلت في مواقع الرصد الأربعة خلال عام ٢٠٢١.

يبين الشكل رقم (٢-٢٣) والجدول رقم (٢-١٦) أدناه المعدلات الشهرية المحتسبة دون اعتبار المعدلات اليومية للأيام التي سجل خلالها تجاوزات لحد المعدل اليومي المنصوص عليه في القاعدة الفنية الأردنية رقم (٢٠٠٦/١١٤٠) في موقعين من مواقع الرصد أو أكثر، حيث يلاحظ انخفاض المعدلات الشهرية عن مثيلاتها عند اعتبار جميع أيام الرصد للعديد من الأشهر والذي يبين تأثير الغبار الطبيعي على مستويات الجسيمات في جميع مواقع الرصد.

جدول رقم (٢-١٦): المعدلات الشهريــة (ميكروغرام/م٣) لتركيز الجسيمات (PM_{10} & $PM_{2.5}$) التي سجلت في مواقع الرصد بعد حذف المعدلات اليومية للأيام التي سجل خلالها تجاوزات لحد المعدل اليومي المنصوص عليه في القاعدة الفنية الأردنية رقم ٢٠٠٦/١١٤٠ في موقعين من مواقع الرصد أو أكثر، خلال عام ٢٠٢١.

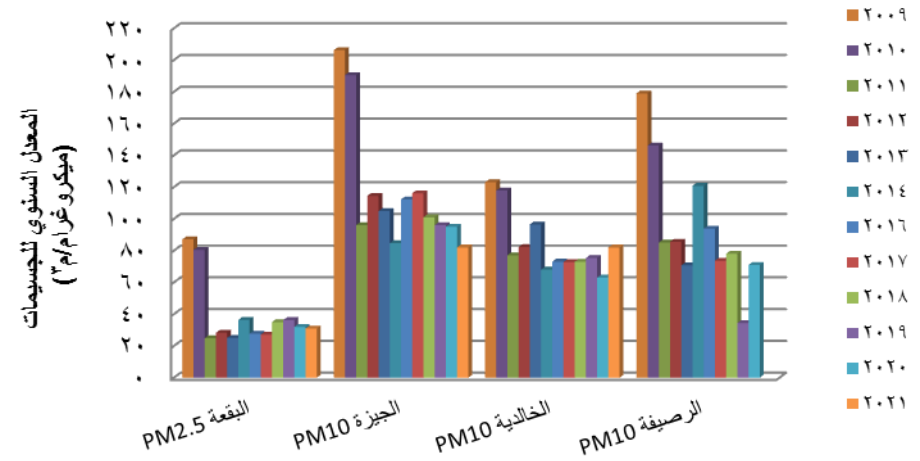
مواقع الرصد	المعدلات الشهرية (ميكروغرام/م٣)											
	كانون الثاني	شباط	آذار	نيسان	أيار	حزيران	تموز	آب	أيلول	تشرين الأول	تشرين الثاني	كانون الأول
الجيزة – PM_{10}	٦١	٦٢	٥٤	٧١	٨١	٦٨	٨١	٨٣	٧٣	٧٩	٧٧	٦١
الرصيفة – PM_{10}	٨٤								٥٩	٧٢	١٠٣	٧٢
الخالدية – PM_{10}	٥٢	٥٣	٥٣	٧٠	٨٤	٧٣	٨٥	٩٨	٨٣	٧٨	٧٦	٥٨
البقعة – $PM_{2.5}$	٣٤	٣٣	٢٦	٢٧	٢٦	٢١	٣٢	٢٤	٢٤	٣٠	٣٩	٢٨



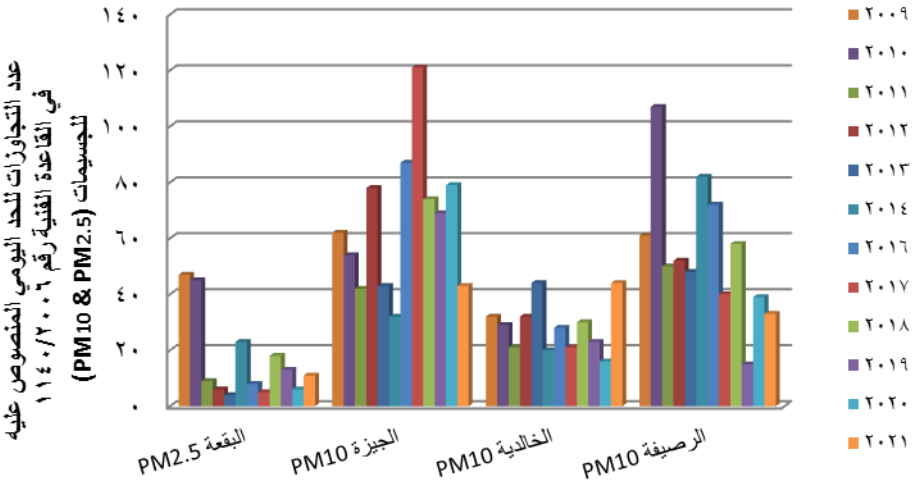
شكل رقم (٢-٢٣): المعدلات الشهرية لتراكيز الجسيمات (PM10 & PM2.5) التي سُجلت في مواقع الرصد بعد حذف المعدلات اليومية للأيام التي سجل خلالها تجاوزات لحد المعدل اليومي المنصوص عليه في القاعدة الفنية الأردنية رقم (٢٠٠٦/١١٤٠) في موقعين من مواقع الرصد أو أكثر

بلغت قيمة المعدل السنوي في كل موقع من مواقع الرصد ٣١ ميكروغرام/م^3 في البقعة ($PM_{2.5}$) و٨٢ ميكروغرام/م^3 في الجيزة (PM_{10}) و٨٢ ميكروغرام/م^3 في الخالدية (PM_{10}). ولقد تجاوزت تلك المعدلات السنوية حدي المعدل السنوي لل $PM_{2.5}$ و PM_{10} المنصوص عليهما في القاعدة الفنية الأردنية والبالغان ١٥ ميكروغرام/م^3 و٧٠ ميكروغرام/م^3 على التوالي.

يبين الشكلان رقم (٢-٢٤) و(٢-٢٥) أدناه مقارنة مستويات الجسيمات في جميع مواقع الرصد خلال عام ٢٠٢١ بمستوياتها خلال الأعوام السابقة. حيث يلاحظ أن المعدلات السنوية للجسيمات PM_{10} في فترة الرصد الحالية انخفضت في مواقع الرصد في الجيزة والخالدية مقارنة بمستوياتها في الدراسة التي سبقتها وكذلك الحال بالنسبة للمعدل السنوي للجسيمات $PM_{2.5}$ في موقع الرصد في البقعة.



الشكل رقم (٢-٢٤): مقارنة بين المعدلات السنوية للجسيمات (PM10 & PM2.5) المسجلة في جميع مواقع الرصد خلال سنوات الرصد (٢٠٠٩-٢٠٢١)

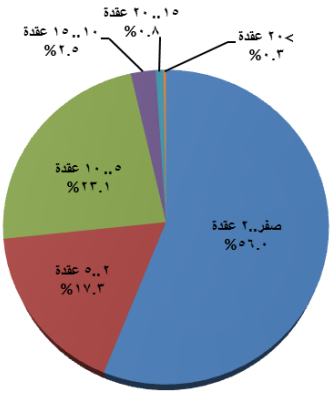


الشكل رقم (٢-٢٥): مقارنة بين عدد التجاوزات للحد اليومي المنصوص عليه في القاعدة الفنية رقم ١١٤٠/ ٢٠٠٦ للجسيمات (PM10 & PM2.5) خلال سنوات الرصد (٢٠٠٩-٢٠٢١)

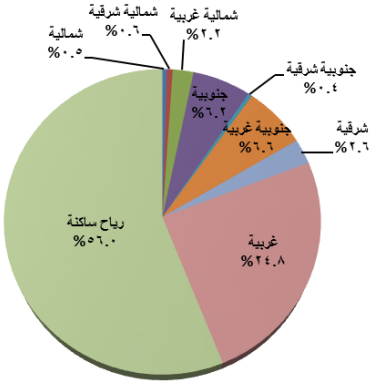
٢-٦ سرعة واتجاه الرياح

الأشكال رقم (٢-٢٦) إلى (٢-٣٥) أدناه توضح توزيع نسب اتجاه وسرعة الرياح في كل موقع من مواقع الرصد على حدة. حيث أظهرت نتائج رصد سرعة واتجاه الرياح خلال عام ٢٠٢١ أن الرياح الساكنة تسود في جميع مواقع الرصد باستثناء موقع الرصد في الخالدية الذي سجلت فيه الرياح الغربية أعلى نسبة. والشكل رقم (٢-٣٦) أدناه يبين مخطط لوردة الرياح في جميع مواقع الرصد خلال فترة الرصد الحالية.

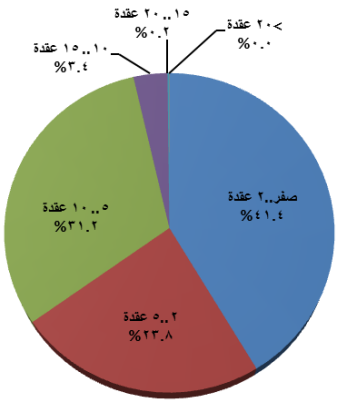
الجدول رقم (٢-١٧) أدناه يبين اتجاه وسرعة الرياح السائدة في كل موقع من مواقع الرصد خلال عام ٢٠٢١، كما يبين الجدول رقم (٢-١٨) أدناه اتجاه الرياح السائدة والمعدل الشهري لسرعة الرياح لكل شهر من أشهر الرصد لمواقع الرصد الخمسة.



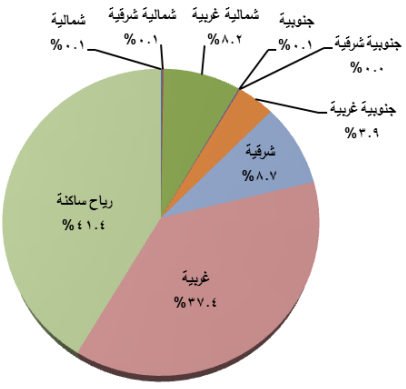
شكل رقم (٢-٢٦): توزيع سرعة الرياح (عقدة) في موقع الرصد في البقعة خلال عام ٢٠٢١.



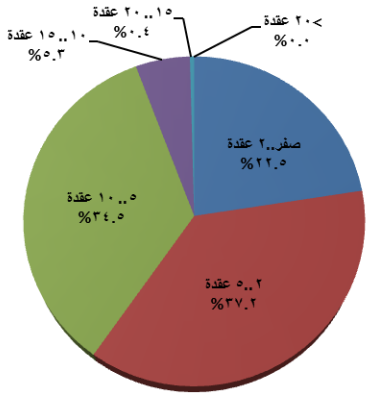
شكل رقم (٢-٢٧): توزيع اتجاه الرياح في موقع الرصد في البقعة خلال عام ٢٠٢١.



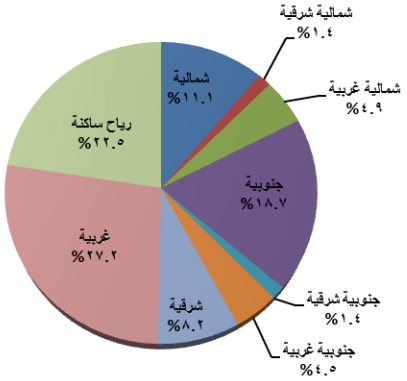
شكل رقم (٢-٢٨): توزيع سرعة الرياح (عقدة) في موقع الرصد في الجيزة خلال عام ٢٠٢١.



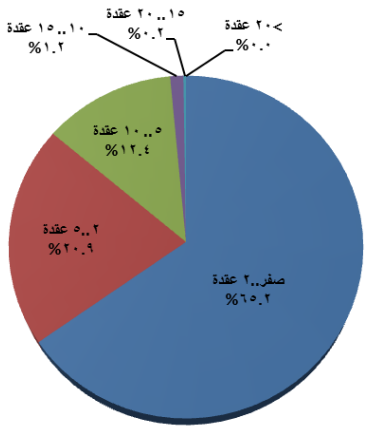
شكل رقم (٢-٢٩): توزيع اتجاه الرياح في موقع الرصد في الجيزة خلال عام ٢٠٢١.



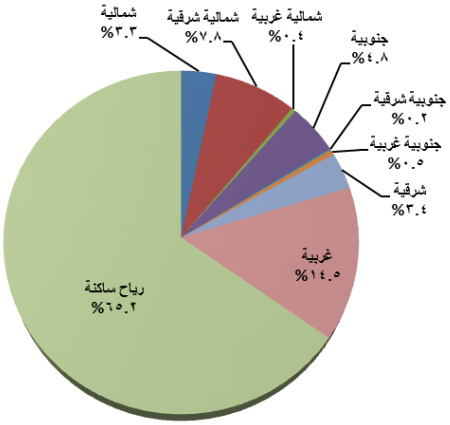
شكل رقم (٢-٣٠): توزيع سرعة الرياح (عقدة) في موقع الرصد في الخالدية خلال عام ٢٠٢١.



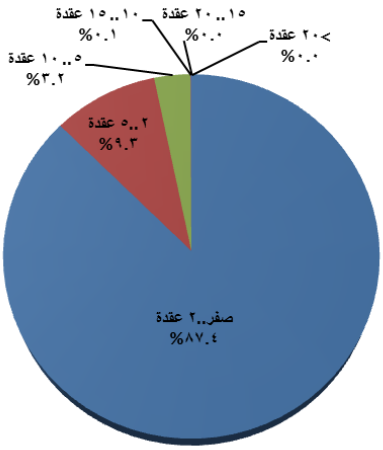
شكل رقم (٢-٣١): توزيع اتجاه الرياح في موقع الرصد في الخالدية خلال عام ٢٠٢١.



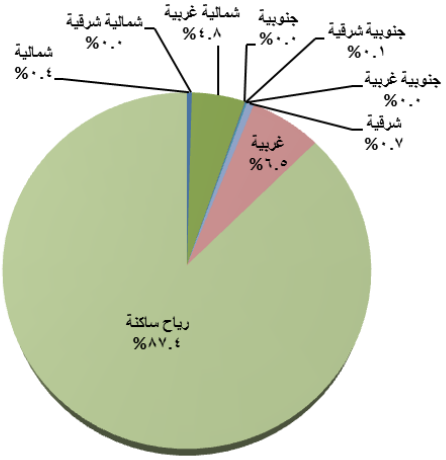
شكل رقم (٢-٣٢): توزيع سرعة الرياح (عقدة) في موقع الرصد في الموقر خلال عام ٢٠٢١.



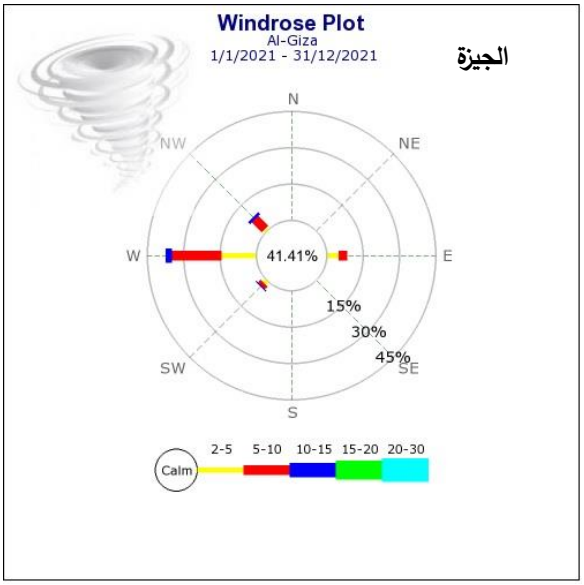
شكل رقم (٢-٣٣): توزيع اتجاه الرياح في موقع الرصد في الموقر خلال عام ٢٠٢١.

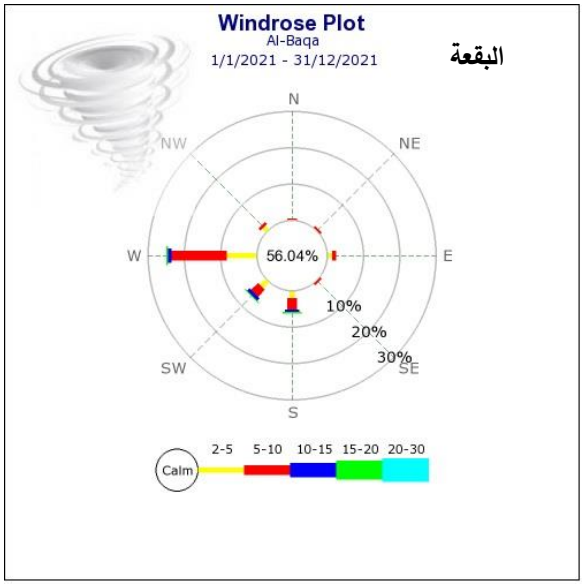


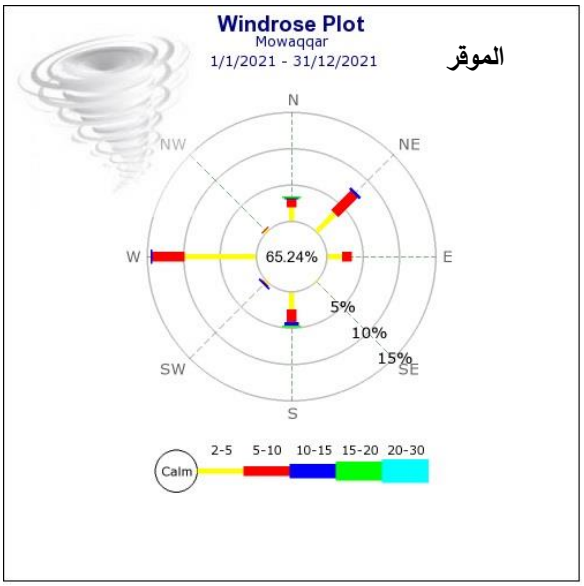
شكل رقم (٢-٣٤): توزيع سرعة الرياح (عقدة) في موقع الرصد في الرصيفة خلال عام ٢٠٢١.

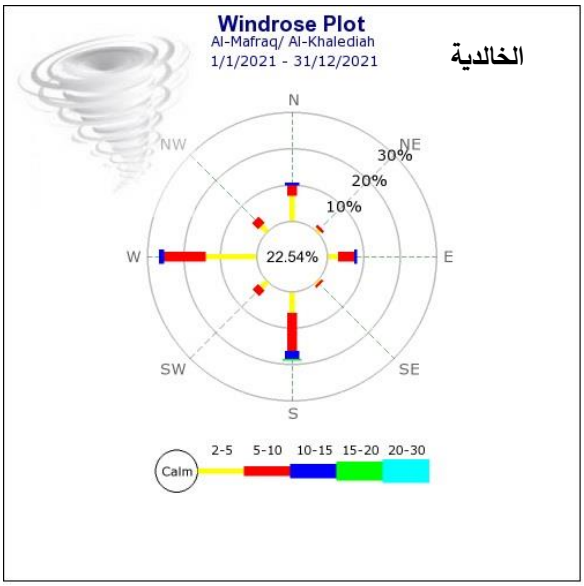


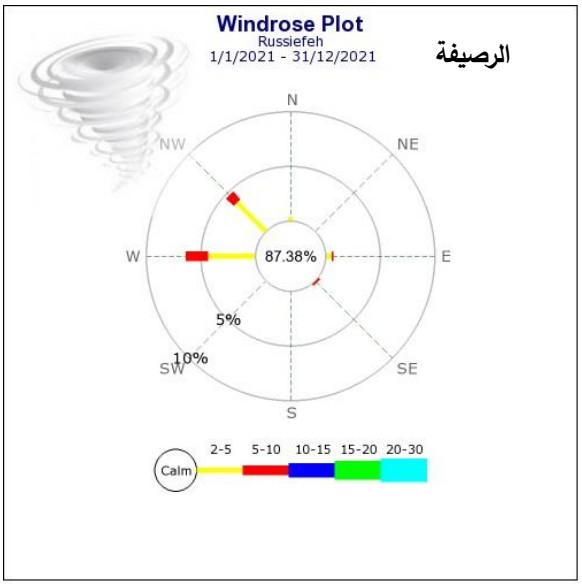
شكل رقم (٢-٣٥): توزيع اتجاه الرياح في موقع الرصد في الرصيفة خلال عام ٢٠٢١.











الشكل رقم (٢-٣٦): مخطط لوردة الرياح في جميع مواقع الرصد خلال عام ٢٠٢١.

جدول رقم (٢-١٧): سرعة واتجاه الرياح السائدة في جميع مواقع الرصد خلال عام ٢٠٢١.

الموقع	اتجاه الرياح السائدة	سرعة الرياح السائدة
الجيزة	الساكنة ٤١,٤% تليها الغربية ٣٧,٤%	٠-٢ عقدة ٤١,٤% تليها ٥-١٠ عقدة ٣١,٢%
الرصيفة	الساكنة ٨٧,٤% تليها الغربية ٦,٥%	٠-٢ عقدة ٨٧,٤% تليها ٢-٥ عقدة ٩,٣%
الموقر	الساكنة ٦٥,٢% تليها الغربية ١٤,٥%	٠-٢ عقدة ٦٥,٢% تليها ٢-٥ عقدة ٢٠,٩%
الخالدية	الغربية ٢٧,٢% تليها الساكنة ٢٢,٥%	٢-٥ عقدة ٣٧,٢% تليها ٥-١٠ عقدة ٣٤,٥%
البقعة	الساكنة ٥٦,٠% تليها الغربية ٢٤,٨%	٠-٢ عقدة ٥٦,٠% تليها ٥-١٠ عقدة ٢٣,١%

جدول (٢-١٨): المعدلات الشهريــة لسرعة الرياح (عقدة) والرياح السائدة في مواقع الرصد الخمسة خلال أشهر الرصد في عام ٢٠٢١.

الشهر	الجيزة		الرصيفة		الموقر		الخالدية		البقعة	
	سرعة الرياح	اتجاه الرياح	سرعة الرياح	اتجاه الرياح	سرعة الرياح	اتجاه الرياح	سرعة الرياح	اتجاه الرياح	سرعة الرياح	اتجاه الرياح
كانون الثاني	٣,٧٢٧	ساكنة	١,١٣٩	ساكنة	٢,٤٣٣	ساكنة	٥,٠٧٤	ساكنة	٣,٦٣٢	ساكنة
شباط	٣,١٦٨	ساكنة	١,٢٠٥	ساكنة	٢,١٦٥	ساكنة	٤,٨٧٧	ساكنة	٣,٠٦٢	ساكنة
آذار	٤,٢٥٠	غربية	١,٦٩٦	ساكنة	٣,١٨٥	ساكنة	٥,٤١٦	جنوبية	٤,٨١٩	ساكنة
نيسان	٤,٠٨٥	ساكنة	٠,٥١٨	ساكنة	٢,١٢٤	ساكنة	٥,١٣٩	جنوبية	٣,٠١٤	ساكنة
أيار	٤,٥٥٤	غربية	٠,٨١٨	ساكنة	١,٩٩٤	ساكنة	٥,٢٤٤	جنوبية	٢,٧٥٧	ساكنة
حزيران	٥,١٢٥	غربية	٠,٨٤٩	ساكنة	١,٧٨٨	ساكنة	٥,١٣١	جنوبية	٣,٦٣٨	غربية
تموز	٥,٥٥٩	غربية	١,٠١٣	ساكنة	١,٨٧٠	ساكنة	٥,٦٨٦	غربية	٣,٩٢٧	غربية
آب	٤,٤٦٠	غربية	٠,٥٢١	ساكنة	١,٣٥٣	ساكنة	٤,٨٤٩	غربية	٢,٥١١	ساكنة
أيلول	٣,٩٦٤	غربية	٠,٤٨٧	ساكنة	٠,٧٢٢	ساكنة	٤,٢١٤	غربية	٢,٧٦٨	ساكنة
تشرين الأول	٢,٦٩٣	ساكنة	٠,١٦٩	ساكنة	٠,٣١٤	ساكنة	٣,٠٧٥	ساكنة	١,٦٠١	ساكنة
تشرين الثاني	٢,١٢٠	ساكنة	٠,٠٨٢	ساكنة	١,٤٢٦	ساكنة	٣,٣٥٩	ساكنة	١,١٢١	ساكنة
كانون الأول	٣,٠٢٨	ساكنة	٠,٨٠٥	ساكنة	٥,٢٣٧	شمالية شرقية	٤,٣٢٢	شرقية	٢,٨٠٤	ساكنة

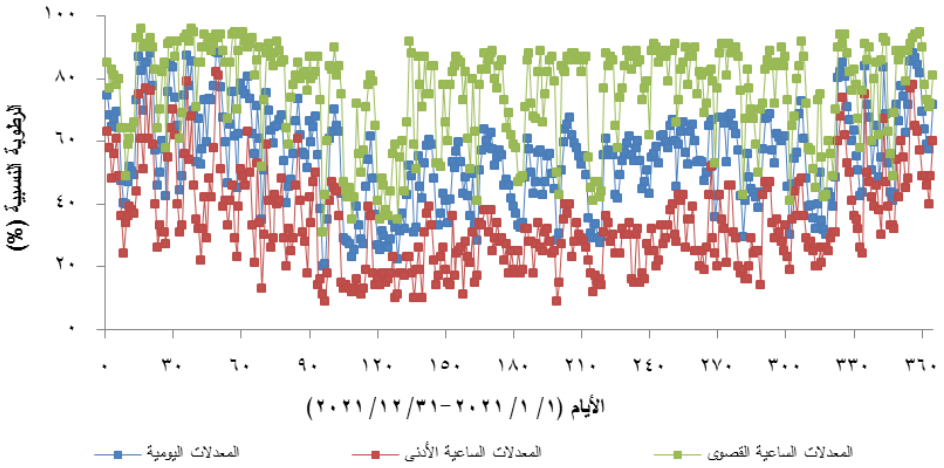
٢-٧ الرطوبة النسبية ودرجة الحرارة

يبين الشكلان رقم (٢-٣٧) و(٢-٣٨) والجدول رقم (٢-١٩) أدناه أعلى وأدنى معدل يومي وكذلك أعلى وأدنى معدل شهري تم تسجيله للرطوبة النسبية (RH) في جميع مواقع الرصد خلال عام ٢٠٢١. حيث تظهر نتائج رصد الرطوبة النسبية في مواقع الرصد الخمسة للفترة الحالية تقارب نمط التغير في المعدلات الشهرية للرطوبة النسبية في جميع مواقع الرصد خلال فترة الدراسة الحالية.

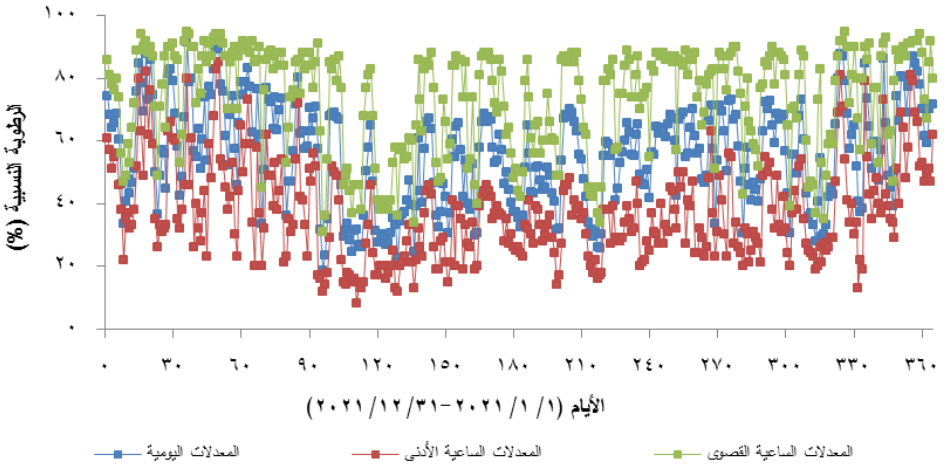
شكل رقم (٢-٣٧): المعدلات اليوميّة والمعدلات الساعيّة القصوى والأدنى المسجلة يوميا للرطوبة النسبية (RH) في مواقع الرصد الخمسة خلال عام ٢٠٢١.

يتبع الشكل رقم (٢-٣٧)

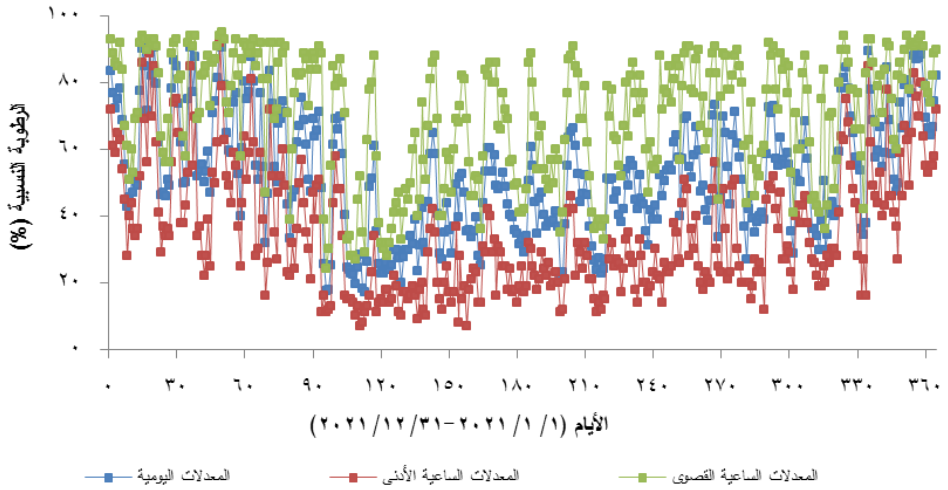
الخالدية



البقعة

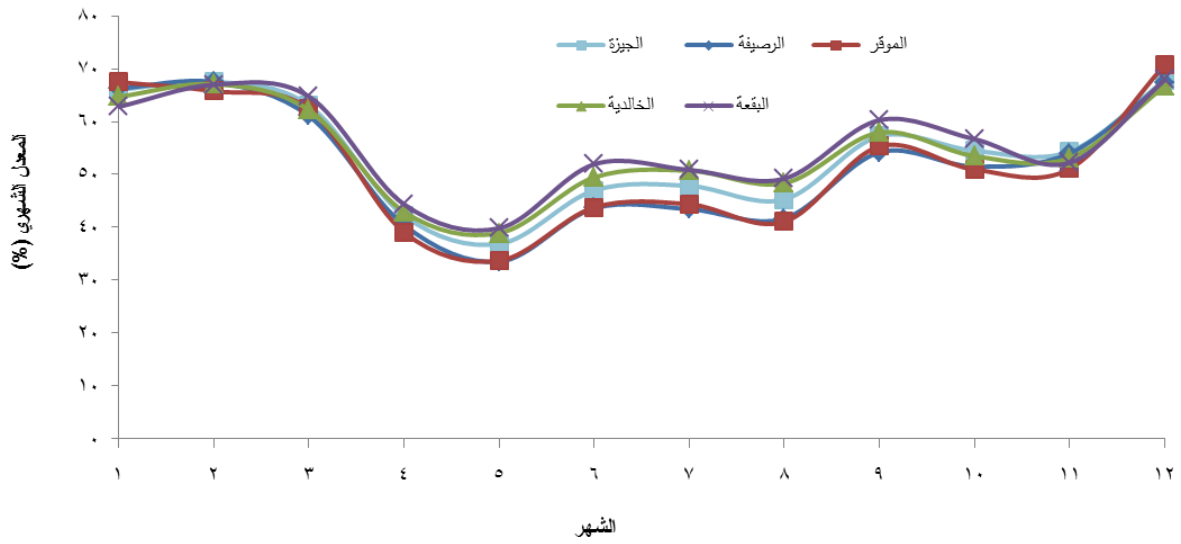


الموقر



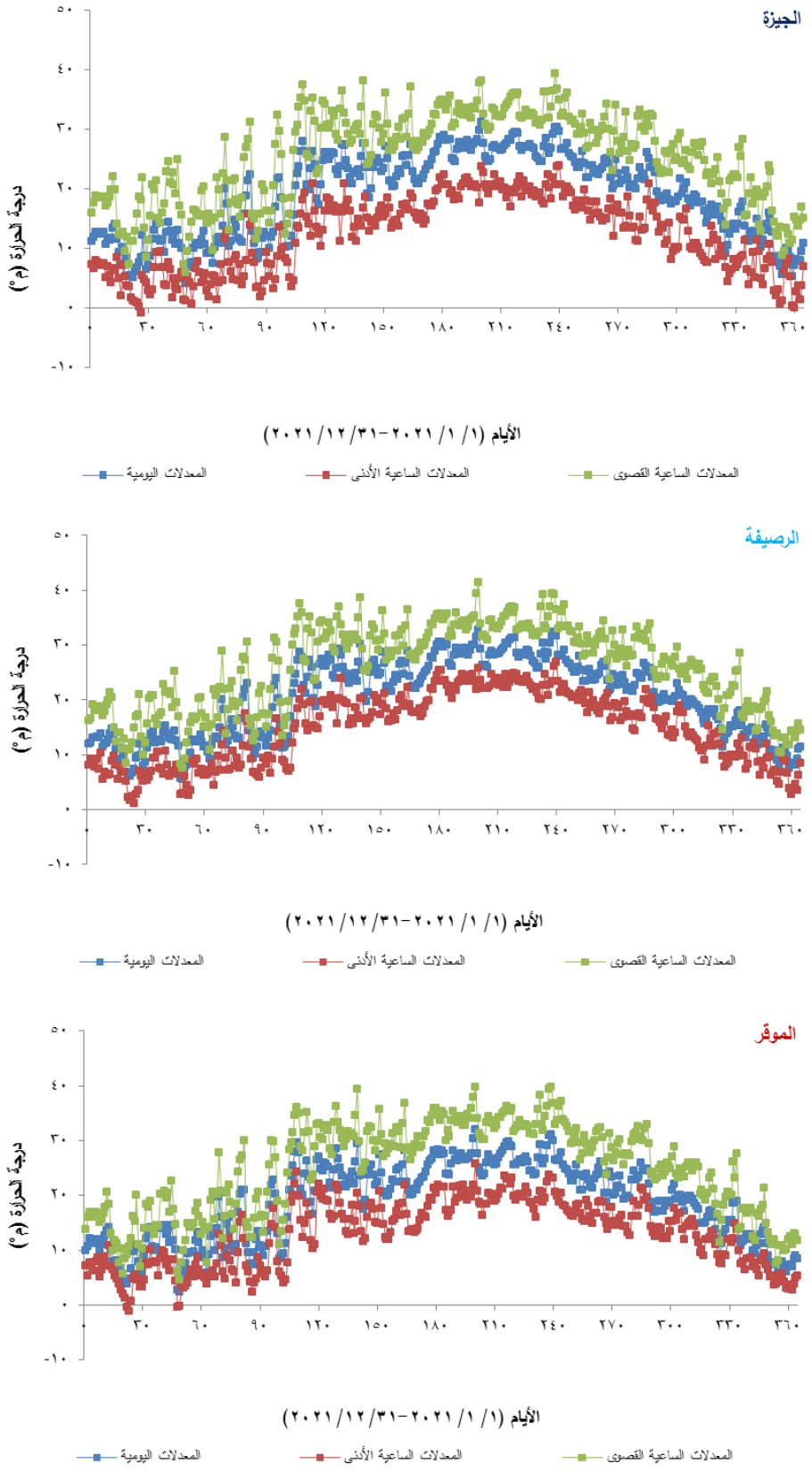
جدول رقم (٢- ١٩): أعلى وأدنى معدل يومي وكذلك أعلى وأدنى معدل شهري تم تسجيله للرطوبة النسبية في جميع مواقع الرصد خلال عام ٢٠٢١.

الموقع	أعلى معدل يومي (%) – تاريخ تسجيله	أدنى معدل يومي (%) – تاريخ تسجيله	أعلى معدل شهري (%) – الشهر	أدنى معدل شهري (%) – الشهر
البقعة	٩١,٣ – ٢٠٢١/٢/٥	١٨,٥ – ٢٠٢١/٤/٦	٦٧,٩ – ٢٠٢١/١٢	٣٩,٨ – ٢٠٢١/٥
الجيزة	٨٩,٠ – ٢٠٢١/٢/١٨	٢٢,١ – ٢٠٢١/٤/٦	٦٧,٨ – ٢٠٢١/١٢	٣٦,٩ – ٢٠٢١/٥
الخالدية	٨٨,٥ – ٢٠٢١/٢/١٨	١٩,٩٦ – ٢٠٢١/٤/٦	٦٧,١ – ٢٠٢١/٢	٣٨,٩ – ٢٠٢١/٥
الرصيفة	٨٦,٤ – ٢٠٢١/٢/١٨	٢٠,٤ – ٢٠٢١/٥/٩	٦٧,٥ – ٢٠٢١/٢	٣٣,٥ – ٢٠٢١/٥
الموقر	٩٣,٦ – ٢٠٢١/٢/١٨	١٧,٣ – ٢٠٢١/٤/٢٣	٧٠,٧ – ٢٠٢١/١٢	٣٣,٧ – ٢٠٢١/٥



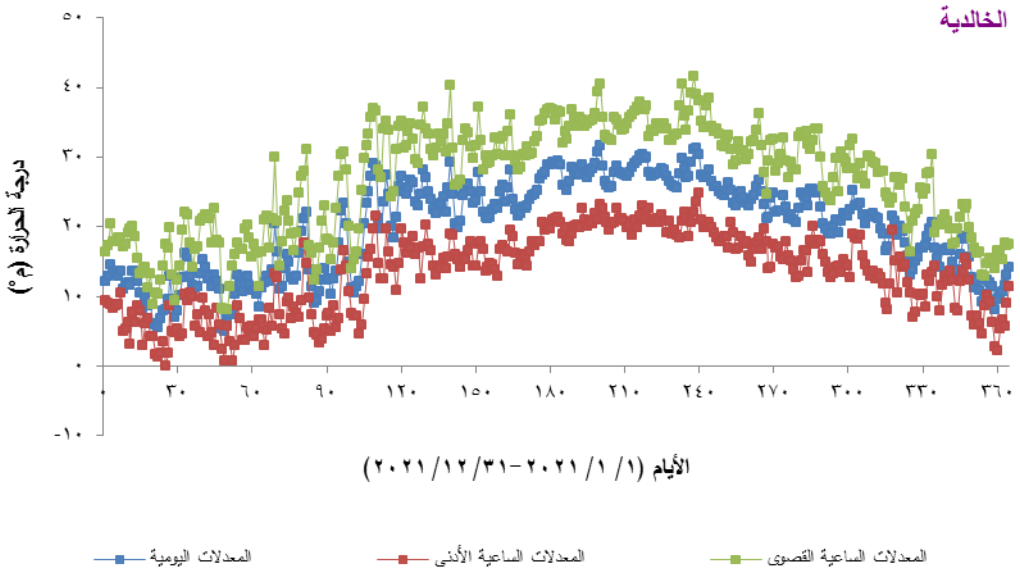
شكل رقم (٢-٣٨): المعدلات الشهرية للرطوبة النسبية (RH) في جميع مواقع الرصد خلال عام ٢٠٢١.

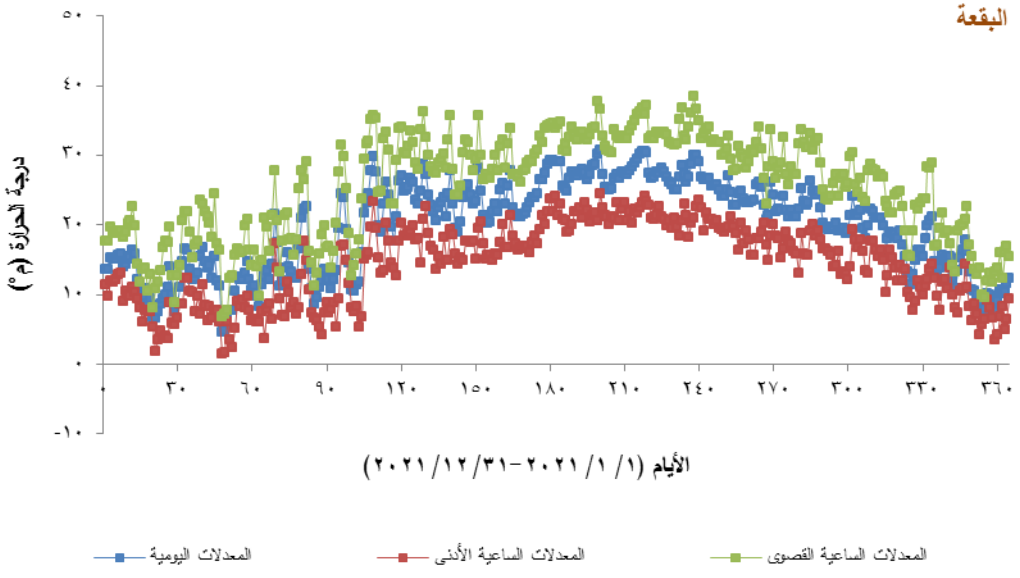
يبين الشكلان رقم (٢-٣٩) و(٢-٤٠) والجدول رقم (٢-٢٠) أدناه أعلى وأدنى معدل يومي وكذلك أعلى وأدنى معدل شهري تم تسجيله لدرجة الحرارة (Temperature) في جميع مواقع الرصد خلال عام ٢٠٢١. حيث تظهر نتائج الرصد تقارب نمط التغير في المعدلات الشهرية لدرجة الحرارة في جميع مواقع الرصد خلال فترة الرصد الحالية.



شكل رقم (٢-٣٩): المعدلات اليوميّة والمعدلات الساعيّة القصوى والأدنى المسجلة يوميا لدرجة الحرارة في مواقع الرصد الخمسة خلال عام ٢٠٢١.

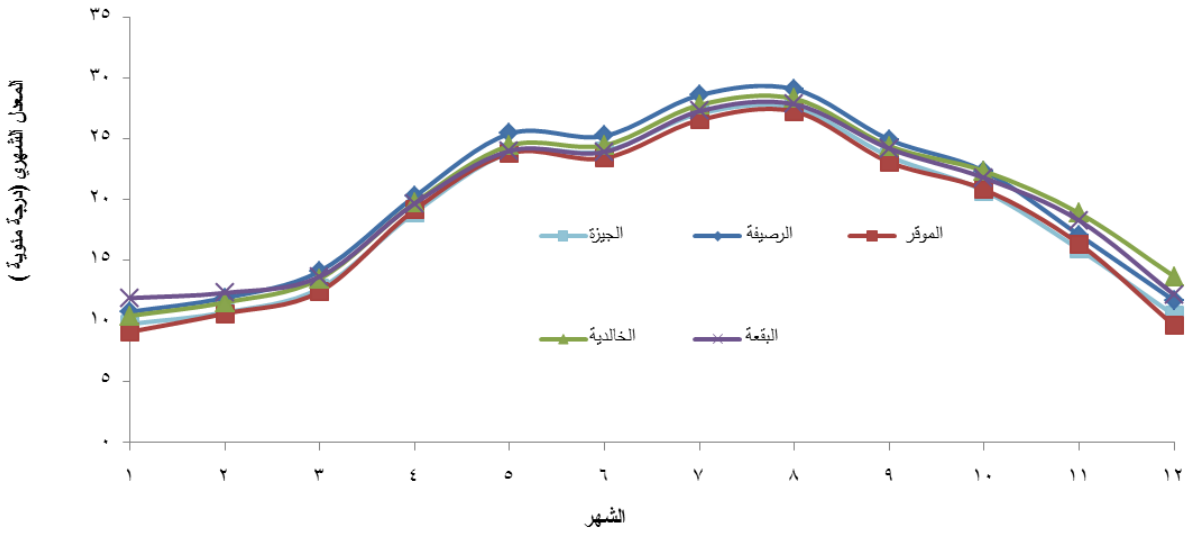
يتبع الشكل رقم (٢-٣٩)





جدول رقم (٢- ٢٠): أعلى وأدنى معدل يومي وكذلك أعلى وأدنى معدل شهري تم تسجيله لدرجة الحرارة في جميع مواقع الرصد خلال عام ٢٠٢١.

الموقع	أعلى معدل يومي (° م) – تاريخ تسجيله	أدنى معدل يومي (° م) – تاريخ تسجيله	أعلى معدل شهري (° م) – الشهر	أدنى معدل شهري (° م) – الشهر
البقعة	٣٠,٨ – ٢٠٢١/٧/١٩	٤,٥ – ٢٠٢١/٢/١٧	٢٧,٨ – ٢٠٢١/٨	١١,٨ – ٢٠٢١/١
الجيزة	٣١,٣ – ٢٠٢١/٧/١٩	٤,١ – ٢٠٢١/٢/١٨	٢٧,٥ – ٢٠٢١/٨	٩,٧ – ٢٠٢١/١
الخالدية	٣١,٦ – ٢٠٢١/٧/١٩	٤,٩٥ – ٢٠٢١/٢/١٨	٢٨,٣ – ٢٠٢١/٨	١٠,٤ – ٢٠٢١/١
الرصيفة	٣٢,٨ – ٢٠٢١/٧/١٩	٥,٤ – ٢٠٢١/٢/١٨	٢٩,٠ – ٢٠٢١/٨	١٠,٧ – ٢٠٢١/١
الموقر	٣٢,١ – ٢٠٢١/٧/١٩	٢,٤ – ٢٠٢١/٢/١٨	٢٧,٢ – ٢٠٢١/٨	٩,١ – ٢٠٢١/١



شكل رقم (٢-٤٠): المعدلات الشهرية لدرجة الحرارة في جميع مواقع الرصد خلال عام ٢٠٢١.

٣.مناقشة نتائج الدراسة

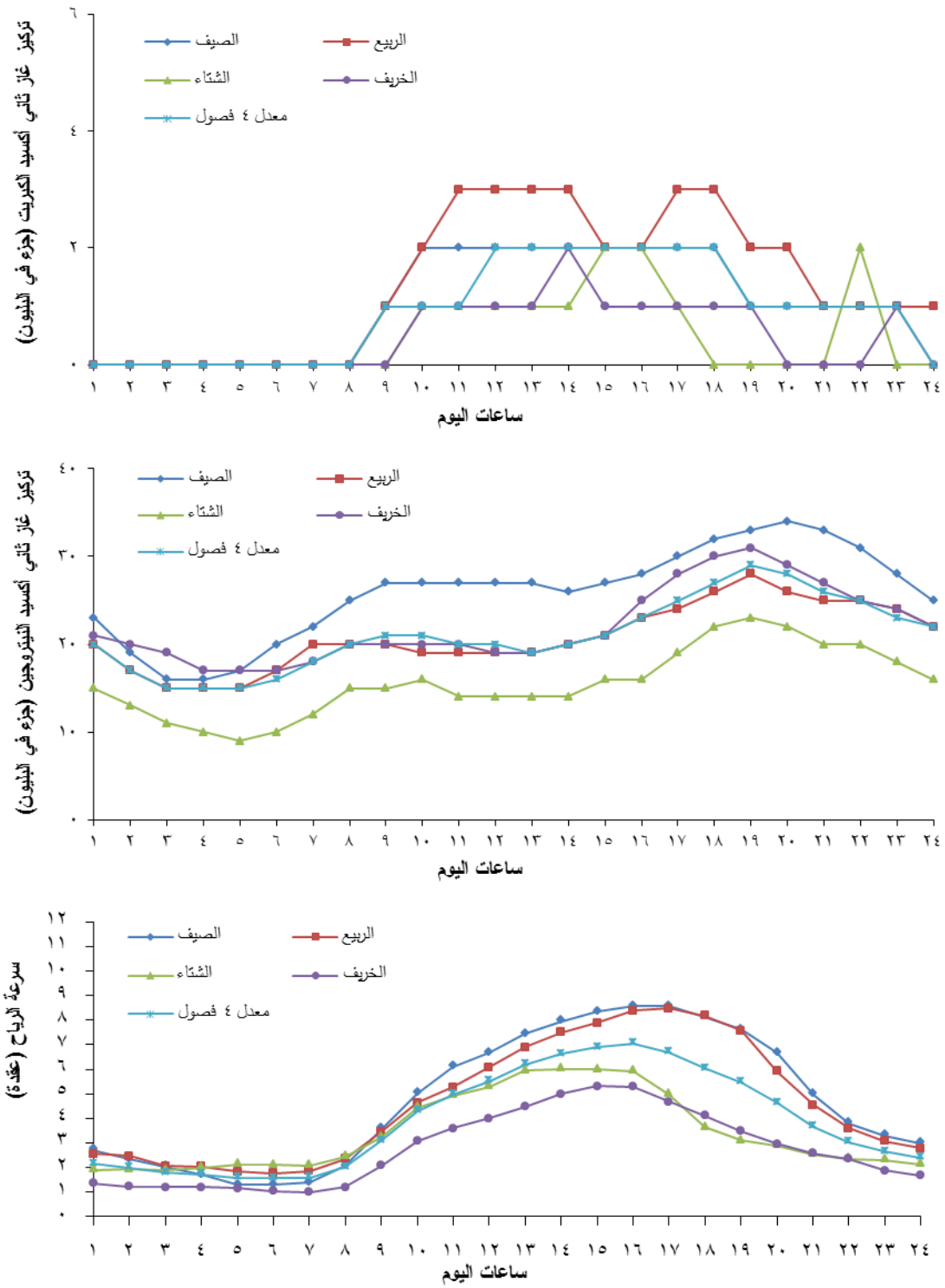
هناك العديد من العوامل المختلفة والمتداخلة التي تلعب دوراً هاماً في مستويات الملوثات في الهواء المحيط. فإن مستويات هذه الملوثات في الهواء المحيط تختلف من سنة لأخرى في نفس مواقع الرصد لأسباب عدّة منها:

- نوعية الوقود المستخدم في الصناعات والمركبات وغيرها من النشاطات، فمثلاً هناك اختلاف في نسبة الكبريت في الديزل حسب مصدره.
- كفاءة حرق الوقود ودرجة حرارة حرق الوقود والتحكم بمستوى تركيز الملوثات في الانبعاثات الصادرة من عمليات الحرق.
- عدد ونوعية المركبات التي استخدمت الطرق الرئيسة والفرعية في مناطق الرصد وسرعة تحركها على الطرق غير المعبدة.
- الظروف الجوية التي تلعب دوراً هاماً في مدى انتشار الملوثات من المصادر إلى المناطق المحيطة ومستوياتها في الهواء المحيط والتي تختلف من سنة لأخرى مثل اتجاه وسرعة الرياح، ودرجة الحرارة، واستقرار الهواء، ومستوى تغطية الغيوم والرطوبة النسبية.
- حدوث تغيرات من صنع الإنسان في طبوغرافية المناطق القريبة من مصادر التلوث وفي الأبنية المجاورة لها.
- حدوث نشاطات غير متكررة سنوياً ينبعث منها الملوثات إلى الهواء المحيط.
- حجم الإنتاج في الصناعات المتواجدة في مناطق الرصد والذي يؤثر على كمية الوقود والهواء المضغوط المستخدم في عمليات الحرق، ونوعية ونوع الوقود المستخدم.
- مستويات غاز الأوزون في الهواء المحيط الذي يلعب دوراً في عملية أكسدة غاز أول أكسيد النيتروجين إلى غاز ثاني أكسيد النيتروجين في الهواء المحيط.
- الظروف الجوية التي تسبب انبعاث الجسيمات من المصادر الطبيعية (مثل العواصف الرملية).
- حجم النشاطات المختلفة التي تسبب انبعاث الجسيمات في الصناعات، والمحاجر والمقالع المتواجدة في مناطق الرصد، ونوعية ومدى كفاءة التحكم بهذه النشاطات.

٣-١ الجيزة

بينت نتائج المراقبة أن موقع رصد الجيزة تعرض لمستويات مرتفعة من الجسيمات العالقة في الهواء بقطر يقل عن أو يساوي ١٠ ميكرون (PM_{10}) حيث بلغ عدد التجاوزات اليومية ٤٣ تجاوزاً. بينما لم يتم تسجيل أي تجاوز للحدود المنصوص عليها في القاعدة الفنية الأردنية رقم ٢٠٠٦/١١٤٠ لكل من غاز ثاني أكسيد الكبريت وغاز ثاني أكسيد النيتروجين في الهواء المحيط.

يُبيّن الشكل رقم (٣-١) أدناه المعدلات السنوية والفصلية لتراكيز غاز ثاني أكسيد الكبريت وغاز ثاني أكسيد النيتروجين ولسرعة الرياح خلال كل ساعة من ساعات اليوم في موقع الرصد في الجيزة.

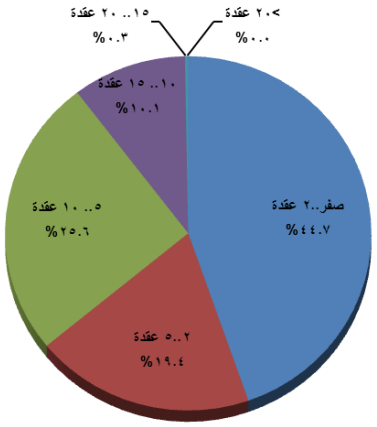


شكل (٣-١): المعدلات السنوية والفصلية لتركيز غازات ثاني أكسيد الكبريت وثاني أكسيد النيتروجين ولسرعة الرياح السائدة لكل ساعة من ساعات اليوم في الجيزة خلال عام ٢٠٢١.

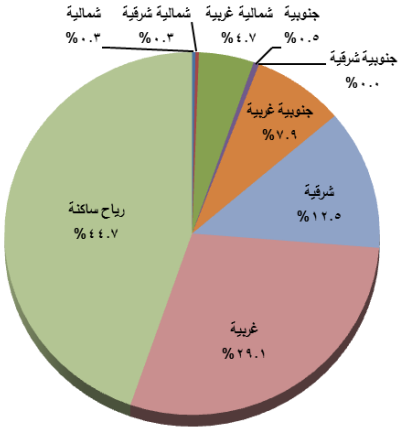
يلاحظ بأنه سُجل أعلى معدل لمستويات غاز ثاني أكسيد الكبريت في فصل الربيع وسُجل أعلى معدل لمستويات غاز ثاني أكسيد النيتروجين في فصل الصيف.

وصلت نسبة الرياح الشمالية الغربية والغربية في منطقة الجيزة خلال فترة الدراسة إلى ٨,٢% و٣٧,٤% على التوالي وهذا يعني أن موقع الرصد لا يتأثر بانبعاثات النشاطات الصناعية والخدمية الواقعة شمال شرق، وشرق، وجنوب شرق، وجنوب وجنوب غرب موقع الرصد بنسبة ٤٥,٦% من الوقت. كما تواجدت الرياح الساكنة بنسبة ٤١,٤% خلال فترة الدراسة والتي لا تساعد على تخفيف الانبعاثات الصادرة من مصادر التلوث المختلفة مثل المركبات لقرب موقع الرصد من الطريق الصحراوي وكذلك تواجدت الرياح الجنوبية (الجنوبية الشرقية والجنوبية والجنوبية الغربية) بنسبة ٤,٠% القادرة على نقل الانبعاثات من مصادر التلوث الثابتة لموقع الرصد، والرياح الشرقية والشمالية الشرقية بنسبة ٨,٨% القادرة على نقل الانبعاثات من المطار لموقع الرصد (انظر الشكل رقم (٢-٢٩) في فصل نتائج الدراسة).

يبين الشكلان رقم (٣-٢) و(٣-٣) أدناه توزيع سرعة واتجاه الرياح خلال الأيام التي تجاوزت فيها المعدلات اليومية لتركيز PM_{10} الحد المنصوص عليه في القاعدة الفنية الأردنية في موقع الرصد في الجيزة، حيث سُجلت الرياح الساكنة بنسبة ٤٤,٧%، كما تواجدت الرياح القادرة على نقل الانبعاثات من مصادر التلوث الثابتة والمطار لموقع الرصد وهي الرياح الجنوبية (الجنوبية الشرقية والجنوبية والجنوبية الغربية) والشرقية (الشرقية والشمالية الشرقية) بنسبة ٨,٤% و١٢,٨% على التوالي. كما يدل انخفاض المعدلات الشهرية للـ PM_{10} عن مثيلاتها عند عدم احتساب الأيام التي تجاوز فيها موقعين أو أكثر من مواقع الرصد الحدود اليومية المنصوص عليها في القاعدة الفنية الأردنية، مساهمة الغبار الطبيعي في رفع مستويات PM_{10} في الجيزة (انظر الجدول رقم (٢-١٦) والشكل رقم (٢-٢٣) في فصل نتائج الدراسة).



شكل رقم (٣-٢): توزيع سرعة الرياح (عقدة) في موقع الرصد في الجيزة خلال الأيام التي سجل فيها تجاوز للحد اليومي المنصوص عليه في القاعدة الفنية الوطنية لنوعية الهواء المحيط رقم (٢٠٠٦/١١٤٠) للجسيمات PM_{10} خلال عام ٢٠٢١.



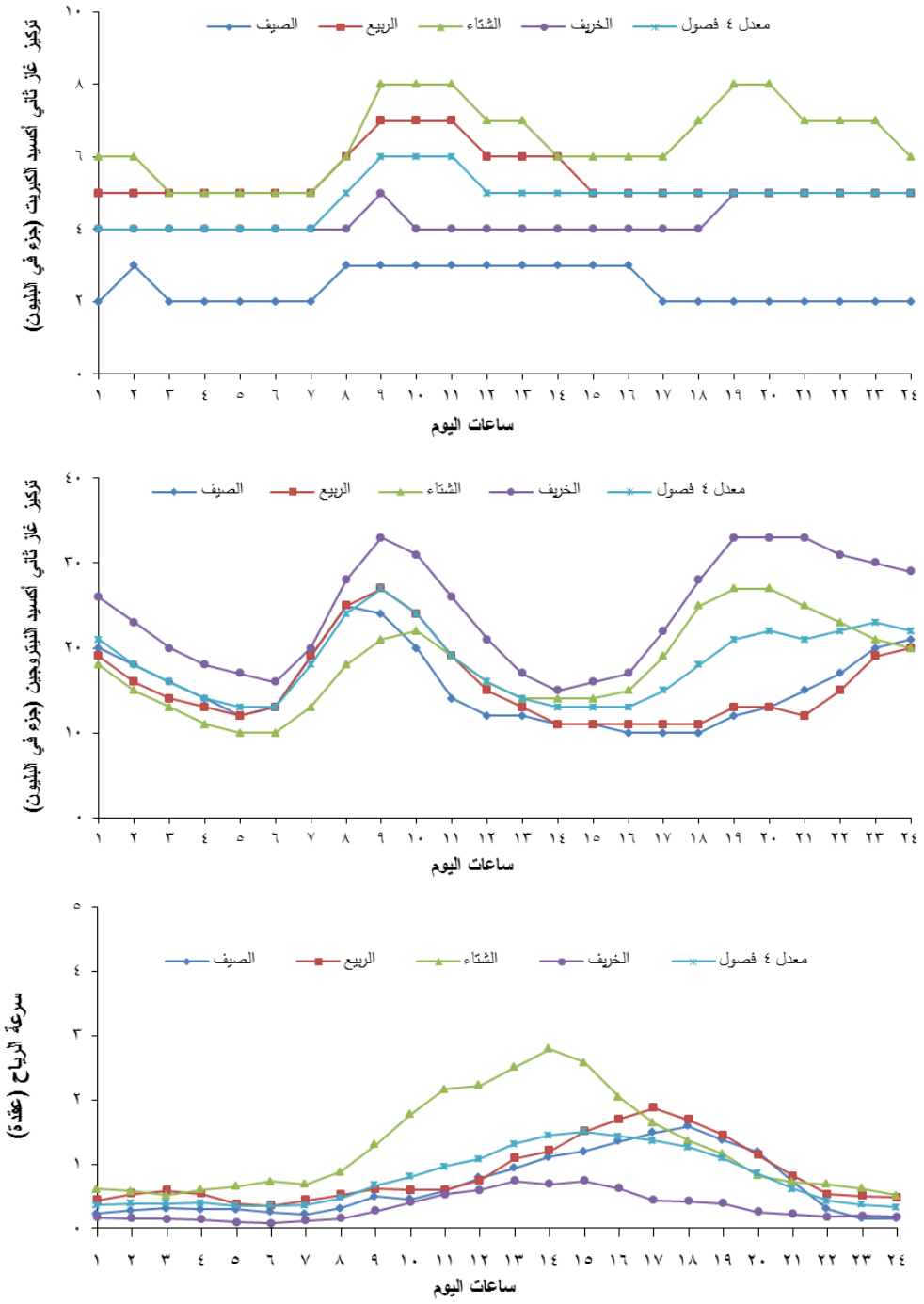
شكل رقم (٣-٣): توزيع اتجاه الرياح في موقع الرصد في الجيزة خلال الأيام التي سجل فيها تجاوز للحد اليومي المنصوص عليه في القاعدة الفنية الوطنية لنوعية الهواء المحيط رقم (٢٠٠٦/١١٤٠) للجسيمات PM10 خلال عام ٢٠٢١.

٣-٢ الرصيفة

بينت نتائج المراقبة في موقع الرصد في الرصيفة أن المعدل السنوي لغاز ثاني أكسيد الكبريت (SO_2) ارتفع بينما لم يطرأ أي تغيير على المعدل السنوي لغاز ثاني أكسيد النيتروجين (NO_2) مقارنةً بمستوياته خلال فترة الرصد السابقة، ولم يتم تسجيل أي تجاوز للحدود المنصوص عليها في القاعدة الفنية الأردنية رقم ٢٠٠٦/١١٤٠ لغازي ثاني أكسيد الكبريت وثاني أكسيد النيتروجين في الهواء المحيط. كما وبينت نتائج الدراسة أن موقع رصد الرصيفة تعرض لمستويات مرتفعة من الجسيمات العالقة في الهواء بقطر يقل عن أو يساوي ١٠ ميكرون (PM_{10}) حيث بلغ عدد التجاوزات اليومية ٣٣

تجاوزاً. (تجدر الاشارة هنا إلى انقطاع رصد الجسيمات لأكثر من ٢٥% خلال عام ٢٠٢١ في موقع الرصد في الرصيفة).

يظهر الشكل رقم (٣-٤) أدناه المعدلات السنوية والفصلية لتركيز غازات ثاني أكسيد الكبريت وثاني أكسيد النيتروجين ولسرعة الرياح خلال كل ساعة من ساعات اليوم في الرصيفة.

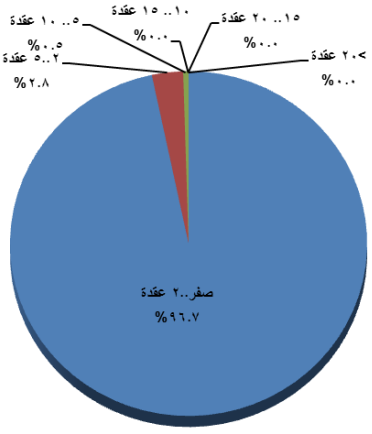


شكل (٣-٤): المعدلات السنوية والفصلية لتركيز غازات ثاني أكسيد الكبريت وثاني أكسيد النيتروجين ولسرعة الرياح السائدة لكل ساعة من ساعات اليوم في الرصيفة خلال عام ٢٠٢١.

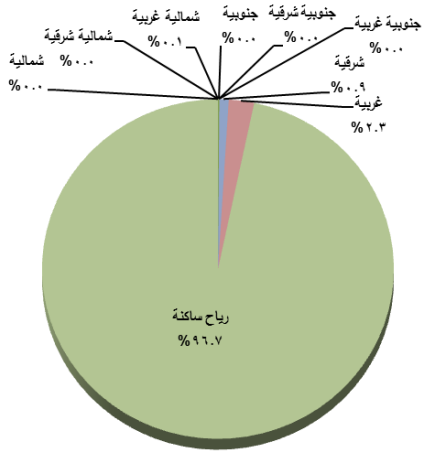
يلاحظ أن أعلى معدلات لمستويات ثاني أكسيد الكبريت سجلت في فصل الشتاء وأعلى معدلات لمستويات ثاني أكسيد النيتروجين سجلت في فصل الخريف. كما يلاحظ أن المعدلات السنوية والفصلية لتركيز غاز ثاني أكسيد الكبريت كانت متقاربة ولا يوجد نمط مشترك ملحوظ لتغيرها مع تغير سرعة الرياح. بينما كانت المعدلات السنوية والفصلية لغاز ثاني أكسيد النيتروجين تتغير بنمط مختلف مع معدل سرعة الرياح إذ كان يصل إلى أدنى مستوياته في ساعات الصباح الباكر (٠٤:٠٠-٠٦:٠٠) وإلى أعلى مستوياته في الساعات (٨:٠٠-١٠:٠٠) صباحاً وساعات المساء (١٩:٠٠-٢٣:٠٠).

كما وبينت نتائج المراقبة أن موقع الرصد في بلدية الرصيفة سجل مستويات مرتفعة من الجسيمات العالقة في الهواء (PM_{10}) خلال فترات الرصد، ومن أهم مصادر التلوث في المنطقة القريبة من موقع الرصد هي الانبعاثات الصادرة من حرق الوقود خاصة في المركبات وكذلك الصناعات القريبة كالصناعات الحرفية ومعامل الطوب والحجر وبقايا مناجم الفوسفات والغبار الطبيعي.

يبين الشكلان رقم (٣-٥) و(٣-٦) أدناه توزيع سرعة واتجاه الرياح خلال الأيام التي تجاوزت فيها المعدلات اليومية لتركيز الجسيمات PM_{10} الحد اليومي في موقع الرصد في بلدية الرصيفة، حيث تبين أن الرياح الساكنة كانت سائدة بنسبة ٩٦,٧% خلال أيام التجاوز والتي لا تساعد على تخفيف الانبعاثات الصادرة من مصادر التلوث المختلفة. كما يدل انخفاض المعدلات الشهرية لـ PM_{10} عن مثيلاتها عند عدم احتساب الأيام التي تجاوز فيها موقعين أو أكثر من مواقع الرصد الحدود اليومية المنصوص عليها في القاعدة الفنية الأردنية لنوعية الهواء المحيط، مساهمة الغبار الطبيعي في رفع مستويات الجسيمات PM_{10} في الرصيفة (انظر الجدول رقم (٢-١٦) والشكل رقم (٢-٢٣) في فصل نتائج الدراسة).



شكل رقم (٣-٥): توزيع سرعة الرياح (عقدة) في موقع الرصد في الرصيفة خلال الأيام التي سجل فيها تجاوز للحد اليومي المنصوص عليه في القاعدة الفنية الوطنية لنوعية الهواء المحيط رقم (١١٤٠/ ٢٠٠٦) للجسيمات PM_{10} خلال عام ٢٠٢١.

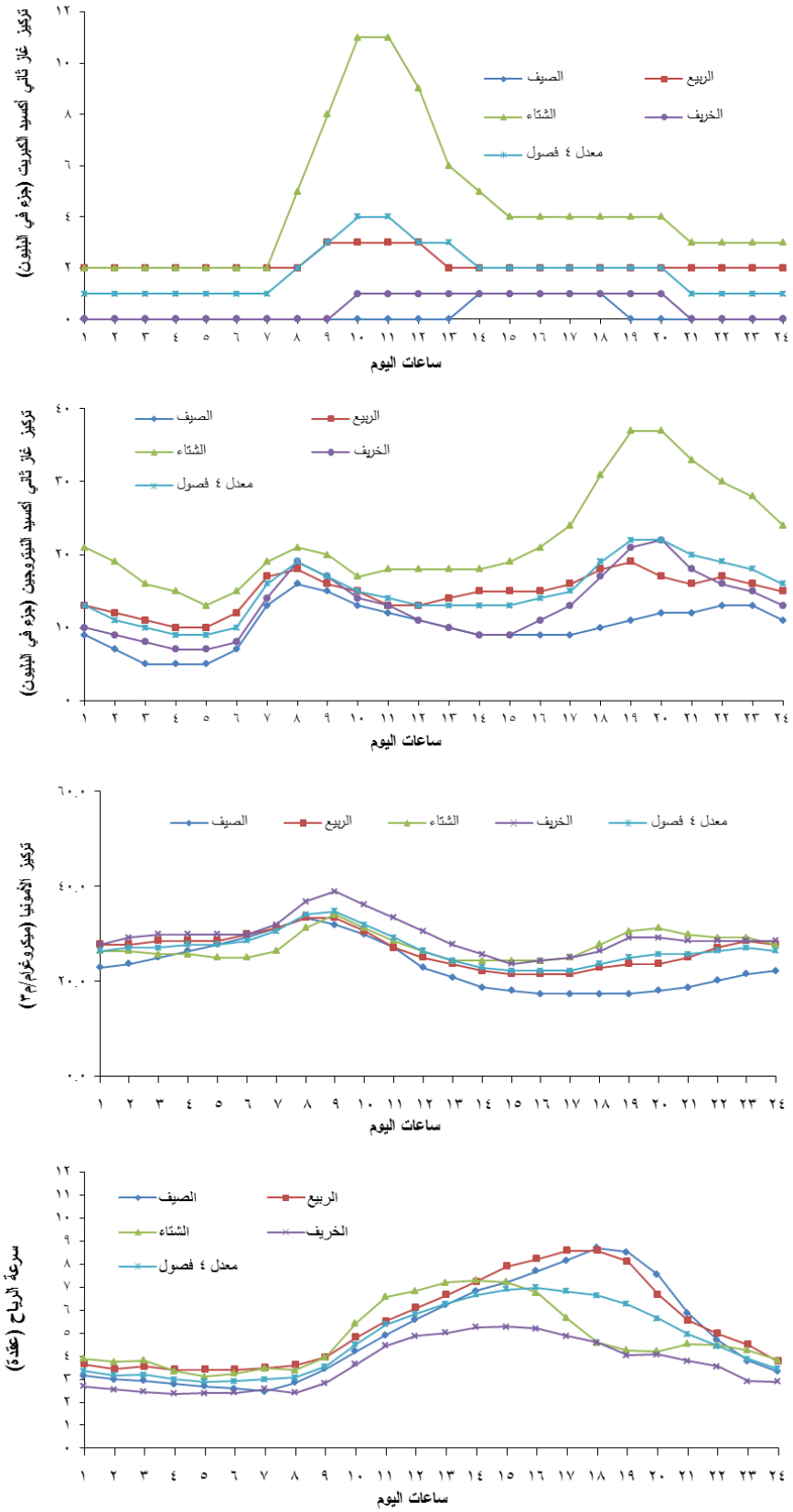


شكل رقم (٣-٦): توزيع اتجاه الرياح في موقع الرصد في الرصيفة خلال الأيام التي سجل فيها تجاوز للحد اليومي المنصوص عليه في القاعدة الفنية الوطنية لنوعية الهواء المحيط رقم (١١٤٠/ ٢٠٠٦) للجسيمات PM_{10} خلال عام ٢٠٢١.

٣-٣ الخالدية

بينت نتائج المراقبة في موقع الرصد في بلدية الخالدية أن المعدل السنوي للجسيمات العالقة في الهواء (PM_{10}) ارتفع خلال فترة الدراسة الحالية بشكل ملحوظ مقارنةً بمستوياته خلال فترة الرصد السابقة وسُجل ٤٤ تجاوزاً للحد اليومي المسموح به في القاعدة الفنية الأردنية لنوعية الهواء المحيط كما وتجاوز المعدل السنوي المسجل فيه للجسيمات (PM_{10}) الحد المنصوص عليه في القاعدة الفنية الأردنية ٢٠٠٦/١١٤٠ للهواء المحيط. كما وكانت مستويات غاز الأمونيا مرتفعة خلال الأعوام ٢٠١٨-٢٠٢١ مقارنة بالأعوام التي سبقتها (٢٠١٧ وللفترة ٢٠٠٩-٢٠١٣) وارتفع المعدل السنوي لغاز الأمونيا (NH_3) خلال فترة الدراسة الحالية ٢٠٢١ بشكل طفيف مقارنةً بمستوياته خلال عام ٢٠٢٠ وتجاوز الحد السنوي المسموح به في القاعدة الفنية الأردنية لنوعية الهواء المحيط ولم يسجل أي تجاوز للحد اليومي المسموح به في القاعد الفنية الأردنية لنوعية الهواء المحيط لغاز الأمونيا، وقد يكون لتغير أنماط تغذية المواشي و/أو تغير مواصفات الأعلاف المستوردة أو المصنعة محلياً و/أو تغير طرق التخلص من مخلفات الحيوانات الأثر في ارتفاع المعدل السنوي لغاز الأمونيا في هذا الموقع وتجاوزه للحد السنوي. بينما كانت مستويات غاز ثاني أكسيد الكبريت (SO_2) وثاني أكسيد النيتروجين (NO_2) ضمن الحدود المسموح بها في القاعدة الفنية الأردنية لنوعية الهواء المحيط ولم يتم تسجيل أي تجاوز لتلك الحدود.

يظهر الشكل رقم (٣-٧) أدناه المعدلات السنوية والفصلية لتركيز غاز ثاني أكسيد الكبريت وغاز ثاني أكسيد النيتروجين وغاز الأمونيا ولسرعة الرياح خلال كل ساعة من ساعات اليوم في الخالدية، حيث يلاحظ أن أعلى المعدلات لمستويات غازي ثاني أكسيد الكبريت و ثاني أكسيد النيتروجين سجلت في فصل الشتاء، بينما سُجل أعلى معدل لمستويات غاز الأمونيا في فصل الخريف.

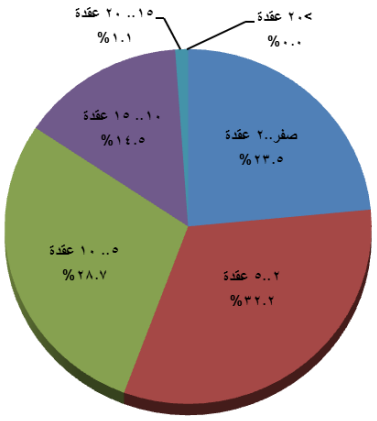


شكل (٣-٧): المعدلات السنوية والفصلية لتركيز غازات ثاني أكسيد الكبريت وثاني أكسيد النيتروجين والأمونيا ولسرعة الرياح السائدة لكل ساعة من ساعات اليوم في الخالدية خلال عام ٢٠٢١.

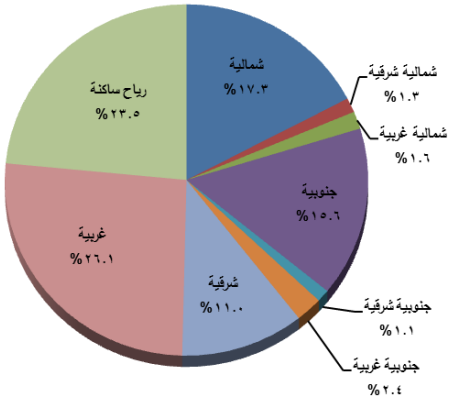
هناك مصادر متعددة للجسيمات العالقة في الهواء (PM_{10}) في الخالدية من أبرزها الجسيمات الناتجة عن حرق الوقود في المصادر الثابتة والمتحركة، والجسيمات المنبعثة من عمليات التصنيع المختلفة في مصنع الإسمنت الأبيض ومصنع اسمنت الراجحي، وكذلك الغبار الطبيعي.

يبين الشكلان رقم (٣-٨) و(٣-٩) أدناه توزيع سرعة واتجاه الرياح خلال الأيام التي تجاوزت فيها المعدلات اليومية لتركيز PM_{10} الحد المنصوص عليه في القاعدة الفنية الأردنية في بلدية الخالدية، حيث يظهر تواجد الرياح الجنوبية والجنوبية الغربية القادرة على نقل الجسيمات من مصنع الإسمنت الأبيض ومحاجره إلى موقع الرصد بنسبة ١٨,٠% ، كما ويظهر تواجد الرياح الغربية والشمالية الغربية القادرة على نقل الجسيمات من مصنع اسمنت الراجحي ومحاجره إلى موقع الرصد بنسبة ٢٧,٧% وكذلك الرياح الشرقية الحاملة للغبار الطبيعي من البادية الشرقية بنسبة ١١,٠%. كما ويلاحظ ارتفاع نسب الرياح ذات السرعة المتوسطة والمرتفعة التي تعمل على اثارة الغبار الطبيعي في المنطقة ذات الطابع الصحراوي حيث تواجدت الرياح ذات السرعات العالية (أكثر من ٢٠ عقدة و١٥-٢٠ عقدة و١٠-١٥ عقدة) بنسبة ١٥,٦% بينما تواجدت الرياح ذات السرعات المتوسطة (٥-١٠ عقدة) بنسبة ٢٨,٧%.

كما ويدل انخفاض المعدلات الشهرية لـ PM_{10} عن مثيلاتها عند عدم احتساب الأيام التي تجاوز فيها موقعين أو أكثر من مواقع الرصد الحدود اليومية المنصوص عليها في المواصفة الوطنية للهواء المحيط، مساهمة الغبار الطبيعي في رفع مستويات PM_{10} في الخالدية (انظر الجدول رقم (٢-١٦) والشكل رقم (٢-٢٣) في فصل نتائج الدراسة).



شكل رقم (٣-٨): توزيع سرعة الرياح (عقدة) في موقع الرصد في الخالدية خلال الأيام التي سجل فيها تجاوز للحد اليومي المنصوص عليه في القاعدة الفنية الوطنية لنوعية الهواء المحيط رقم (١١٤٠/ ٢٠٠٦) للجسيمات PM_{10} خلال عام ٢٠٢١.

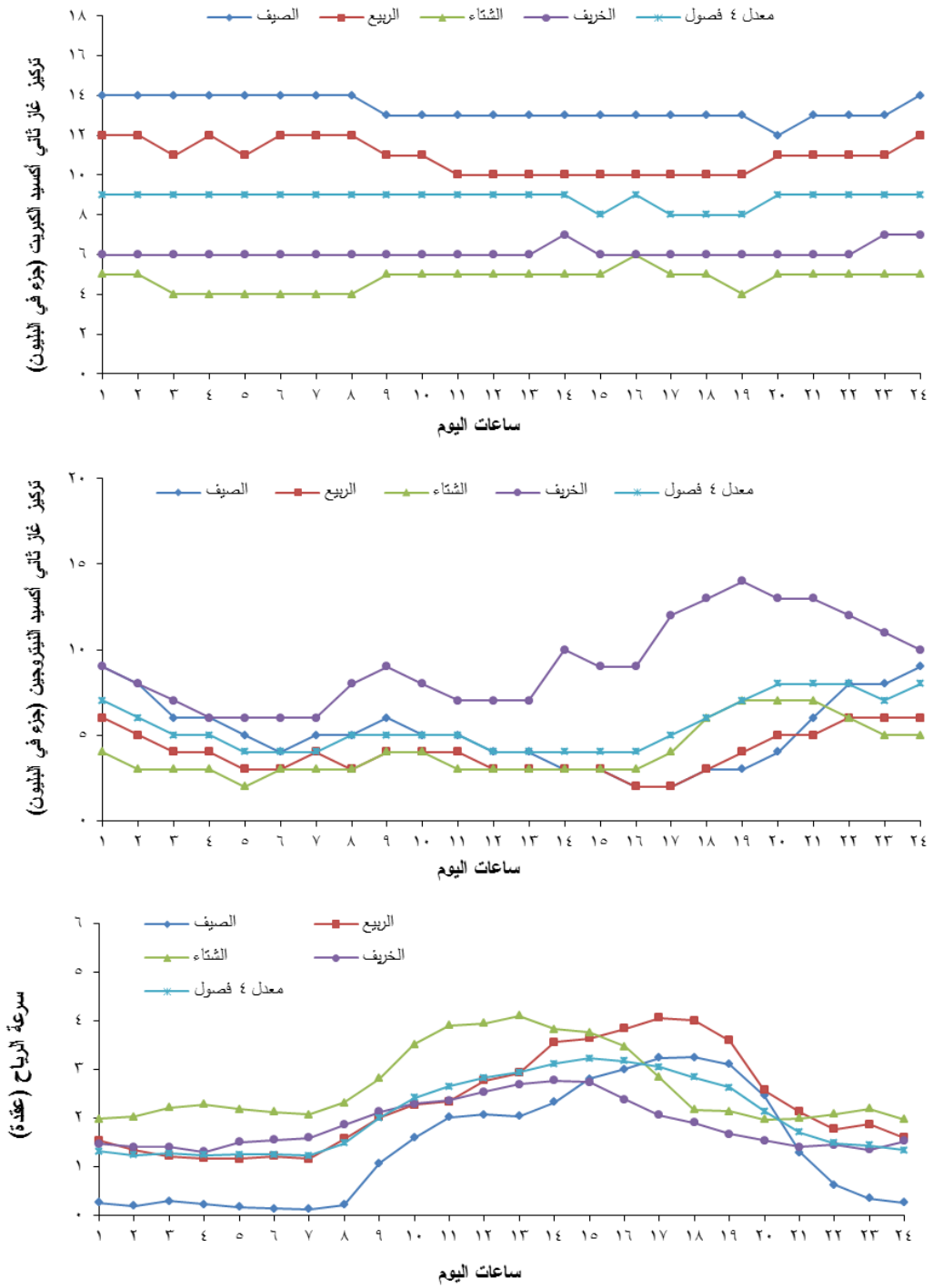


شكل رقم (٣-٩): توزيع اتجاه الرياح في موقع الرصد في الخالدية خلال الأيام التي سجل فيها تجاوز للحد اليومي المنصوص عليه في القاعدة الفنية الوطنية لنوعية الهواء المحيط رقم (١١٤٠/ ٢٠٠٦) للجسيمات PM10 خلال عام ٢٠٢١.

٣-٤ الموقر

بينت نتائج المراقبة في موقع الرصد على الحد بين الحاتمية والموقر خلال فترة الرصد الحالية أن هناك ارتفاع طفيف لمستويات غاز ثاني أكسيد النيتروجين (NO_2) ومستويات غاز ثاني أكسيد الكبريت (SO_2) خلال فترة الدراسة الحالية مقارنة بمستوياتهما في الدراسة التي سبقتها حيث لم يتم تسجيل أي تجاوز للحدود المسموح بها في القاعدة الفنية الأردنية لنوعية الهواء المحيط لكلا الغازين.

يظهر الشكل رقم (٣-١٠) أدناه المعدلات السنوية والفصلية لتركيز غاز ثاني أكسيد الكبريت وغاز ثاني أكسيد النيتروجين ولسرعة الرياح خلال كل ساعة من ساعات اليوم في الموقر، حيث يلاحظ أن أعلى معدل لمستويات غاز ثاني أكسيد الكبريت سجلت في فصل الصيف، بينما سجل أعلى معدل لمستويات غاز ثاني أكسيد النيتروجين في فصل الخريف وكانت مستويات هذين الغازين متقاربة خلال فصول السنة الأخرى.



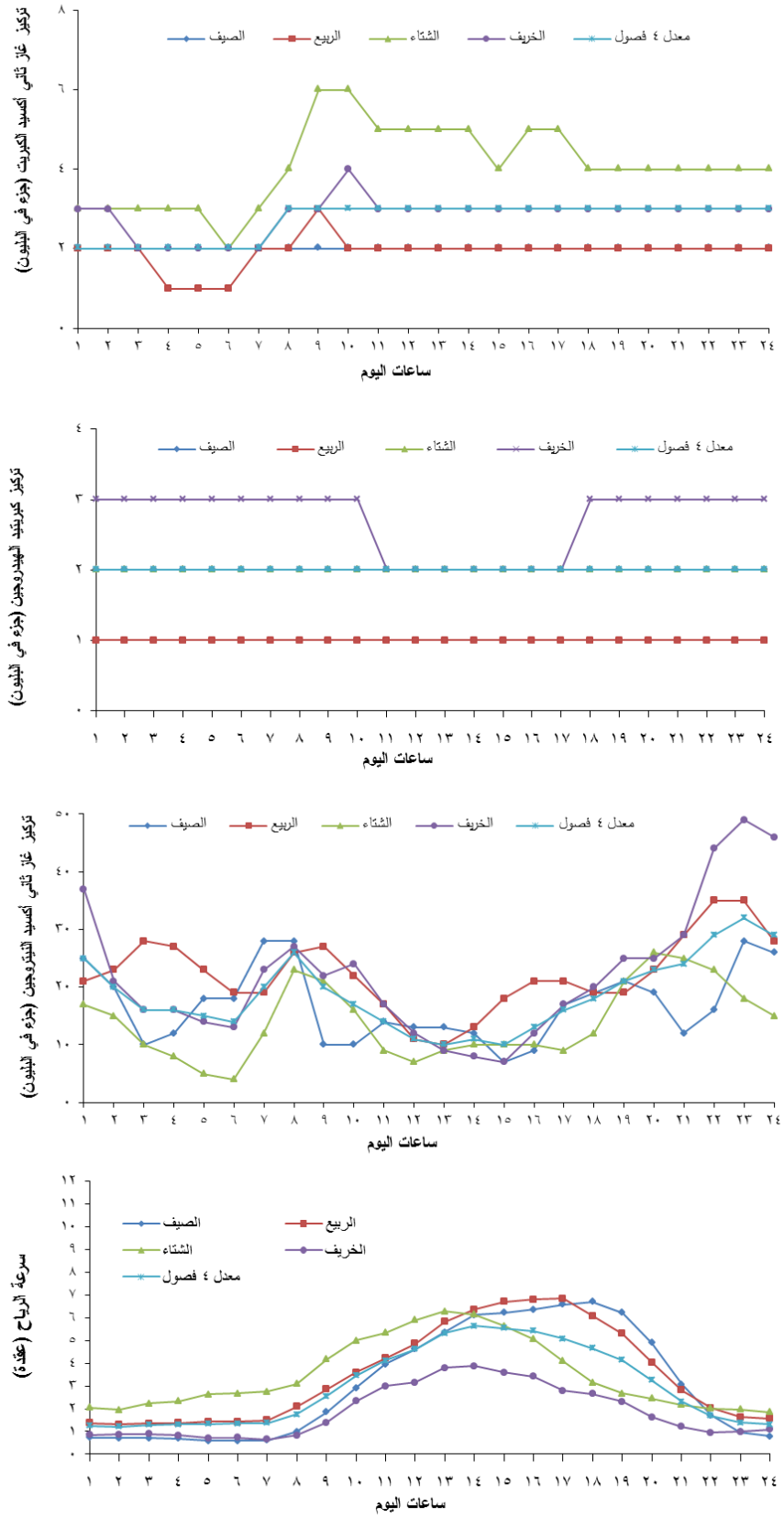
شكل (٣-١٠): المعدلات السنوية والفصلية لتركيز غازات ثاني أكسيد الكبريت وثاني أكسيد النيتروجين ولسرعة الرياح السائدة لكل ساعة من ساعات اليوم في الموقر خلال عام ٢٠٢١.

٣-٥ البقعة

بينت نتائج المراقبة في موقع الرصد في البقعة أن مستويات غاز ثاني أكسيد الكبريت (SO_2) وغاز كبريتيد الهيدروجين (H_2S) وغاز ثاني أكسيد النيتروجين (NO_2) كانت ضمن الحدود المسموح بها في القاعدة الفنية الأردنية لنوعية الهواء المحيط ٢٠٠٦/١١٤٠ ولم يتم تسجيل أي تجاوز لتلك الحدود.

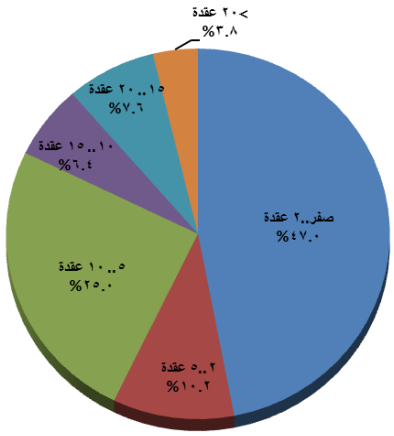
وأما بالنسبة لمستويات الجسيمات العالقة في الهواء ($PM_{2.5}$) فقد بينت نتائج المراقبة خلال فترة الرصد الحالية تعرض موقع الرصد في المركز الوطني للبحث والإرشاد الزراعي (مديرية زراعة عين الباشا) في البقعة لمستويات مرتفعة نسبياً مع انخفاض طفيف في المعدل السنوي وارتفاع في عدد التجاوزات للحد اليومي المنصوص عليه في القاعد الفنية الأردنية، حيث سُجل ١١ تجاوزات خلال عام ٢٠٢١ مقارنة مع ٦ تجاوزات سُجلت خلال عام ٢٠٢٠.

يُبيّن الشكل رقم (٣-١١) أدناه المعدلات السنوية والفصلية لتركيز كل من غاز ثاني أكسيد الكبريت وغاز كبريتيد الهيدروجين وغاز ثاني أكسيد النيتروجين ولسرعة الرياح خلال كل ساعة من ساعات اليوم في موقع الرصد في البقعة حيث يظهر أن مستويات غازي ثاني أكسيد الكبريت وكبريتيد الهيدروجين كانت متقاربة خلال معظم ساعات اليوم على مدار الفصول الأربعة. بينما كانت المعدلات السنوية والفصلية لغاز ثاني أكسيد النيتروجين تتغير بنمط مختلف ومتفاوت مع تغير معدل سرعة الرياح إذ كان يصل إلى أدنى مستوياته في ساعات ما بعد الظهر والعصر (١٢:٠٠-١٦:٠٠) وإلى أعلى مستوياته في ساعات الصباح الباكر وساعات المساء إلى منتصف الليل.

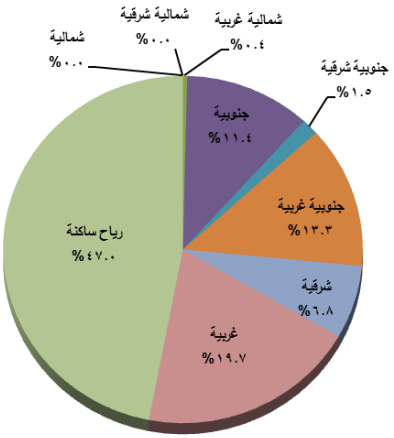


شكل (٣-١١): المعدلات السنوية والفصلية لتركيز غازات ثاني أكسيد الكبريت وكبريتيد الهيدروجين وثاني أكسيد النيتروجين ولسرعة الرياح السائدة لكل ساعة من ساعات اليوم في البقعة خلال عام ٢٠٢١.

هناك مصادر متعددة للجسيمات $PM_{2.5}$ في البقعة من أبرزها الجسيمات الناتجة عن حرق الوقود في المصادر الثابتة والمتحركة خاصة التي تعمل على الديزل، وباحتمالية أقل الغبار المنبعث من المحاجر وعمليات طحن الجير وكذلك الغبار الطبيعي. يبين الشكلان رقم (٣-١٢) و(٣-١٣) أدناه توزيع سرعة واتجاه الرياح خلال الأيام التي تجاوزت فيها المعدلات اليومية لتركيز الجسيمات $PM_{2.5}$ الحد المنصوص عليه في القاعدة الفنية الأردنية في موقع الرصد في البقعة خلال فترة الرصد الحالية، حيث يظهر أن الرياح الساكنة كانت سائدة بنسبة ٤٧,٠% وهي لا تساعد على تشتت الإنبعاثات الصادرة من مصادر التلوث القريبة مثل المركبات.



شكل رقم (٣-١٢): توزيع سرعة الرياح (عقدة) في موقع الرصد في البقعة خلال الأيام التي سجل فيها تجاوز للحد اليومي المنصوص عليه في القاعدة الفنية الوطنية لنوعية الهواء المحيط رقم (١١٤٠/ ٢٠٠٦) للجسيمات $PM_{2.5}$ خلال عام ٢٠٢١



شكل رقم (٣-١٣): توزيع اتجاه الرياح في موقع الرصد في البقعة خلال الأيام التي سجل فيها تجاوز للحد اليومي المنصوص عليه في القاعدة الفنية الوطنية لنوعية الهواء المحيط رقم (١١٤٠/ ٢٠٠٦) للجسيمات $PM_{2.5}$ خلال عام ٢٠٢١

٤- التوصيـــات

تؤكد نتائج الدراسة الحالية على ضرورة تطبيق التوصيات التالية:

١. يوصى بالاستمرار في مراقبة نوعية الهواء في مناطق الرصد الحالية وزيادة المناطق المغطاة لتشمل كافة مناطق المملكة ضمن شبكة رصد وطنية لما لذلك من أهمية لتحديد المناطق المعرضة لتلوث الهواء للعمل على دراسة مصادر التلوث في تلك المناطق وتنفيذ الإجراءات (Air Quality Control) التي من شأنها الحد من تجاوز تراكيز الملوثات لحدود المواصفات الوطنية لنوعية الهواء المحيط وكذلك المحافظة على المناطق التي تتمتع بنوعية هواء ضمن حدود المواصفات الوطنية لنوعية الهواء المحيط من التدهور.

٢. يوصى بتوسيع دائرة الرصد من حيث عدد الملوثات المرصودة. خاصة رصد مستويات (Black Carbon) في المناطق التي تعاني من كثافة حركة السير والتي يرصد فيها الجسيمات ($PM_{2.5}$ أو PM_{10}) حيث إن ذلك يساعد في تقدير مساهمة الانبعاثات الصادرة من احتراق الوقود في المركبات على مستويات الجسيمات في الهواء المحيط. وكذلك رصد مستويات الأوزون (O_3) في المناطق التي تعاني من كثافة حركة السير وغيرها من مصادر انبعاث أكاسيد النيتروجين والمركبات العضوية المتطايرة وأشعة الشمس الحادة حيث أن تلك الظروف تساعد على تكون غاز الأوزون في الهواء المحيط وهذا الغاز مضر جداً بالصحة العامة. وكذلك رصد الجسيمات ($PM_{2.5}$) في جميع مواقع الرصد حيث أن مستويات هذه الجسيمات تعتبر من أهم المؤشرات لنوعية الهواء في منطقة الرصد لما له تأثير مضر جداً على الصحة العامة.

٣. يوصى باستخدام النمذجة الرياضية لانتشار الملوثات في تحديد مواقع رصد نوعية الهواء المحيط حيث أن النمذجة الرياضية تعتبر من أنجع الطرق في تحديد مواقع رصد نوعية الهواء المحيط، إلاّ أن ذلك يحتاج إلى تجميع أكبر ما يمكن من البيانات من الصناعات المحيطة بمواقع الرصد.

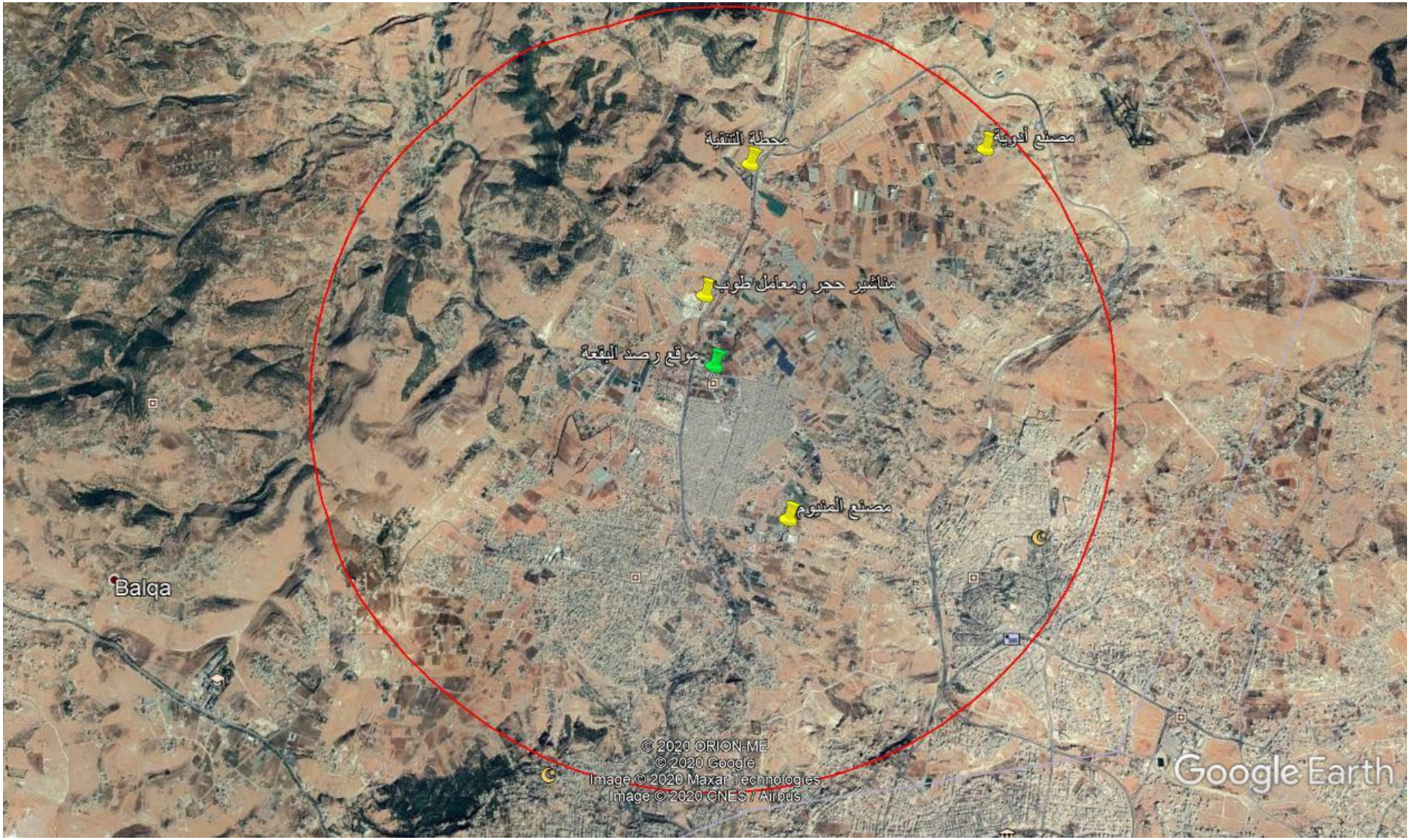
٤. إن مثل هذه الدراسات تضع الأساس للعمل على الاستراتيجية الوطنية لنوعية الهواء المحيط في المملكة، والتي تحتاج أيضاً إلى تنفيذ العديد من الأبحاث والتي لا تنحصر على المقترحات التالية:

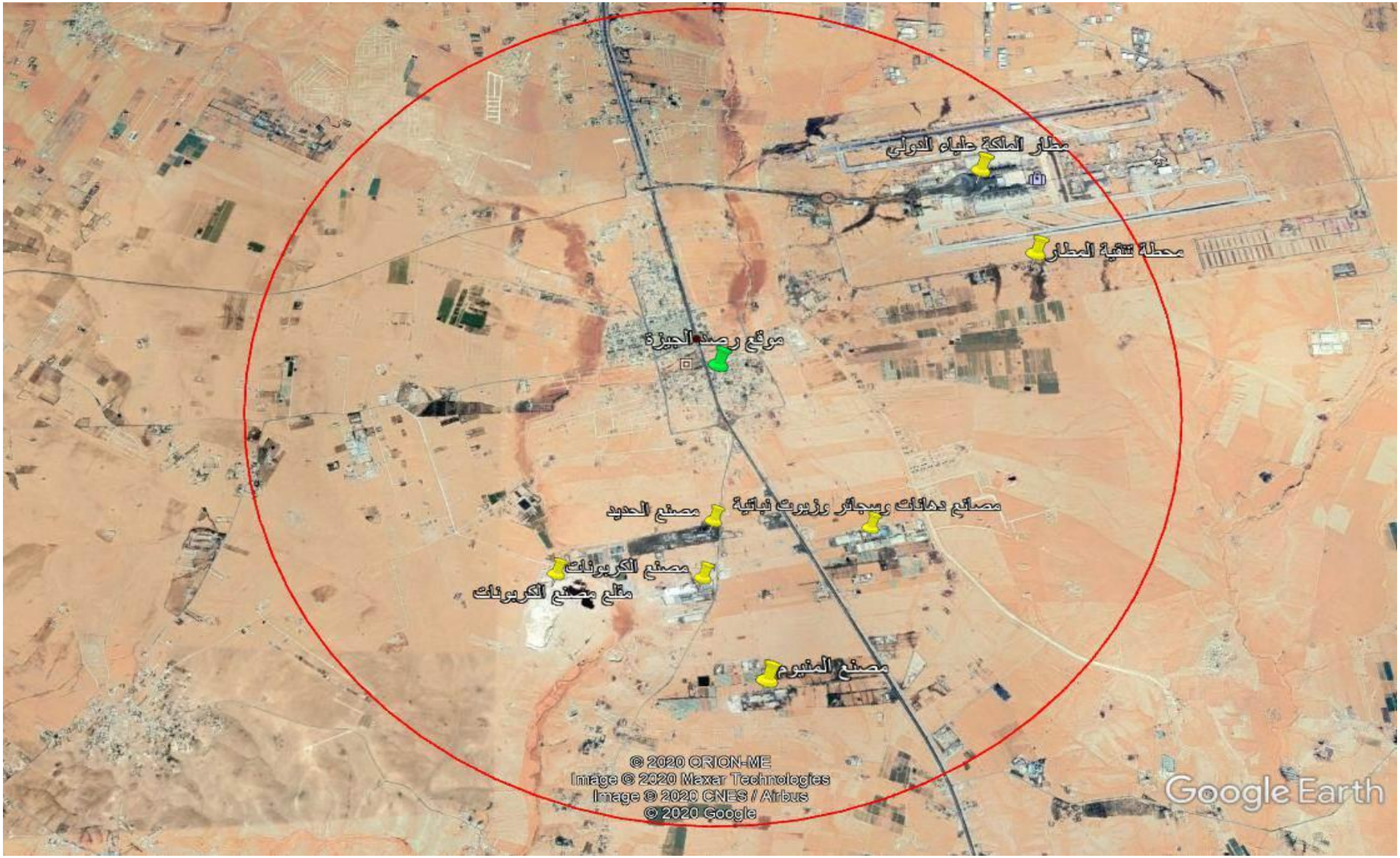
- تقييم العلاقة بين نوعية الهواء المحيط والصحة العامة.
- تقييم العلاقة بين نوعية الهواء المحيط ونوعية الهواء الداخلي.
- استخدام النمذجة الرياضية لانتشار الملوثات من المصادر الثابتة التابعة للمنشآت القائمة لتقييم تأثيرها على نوعية الهواء المحيط.

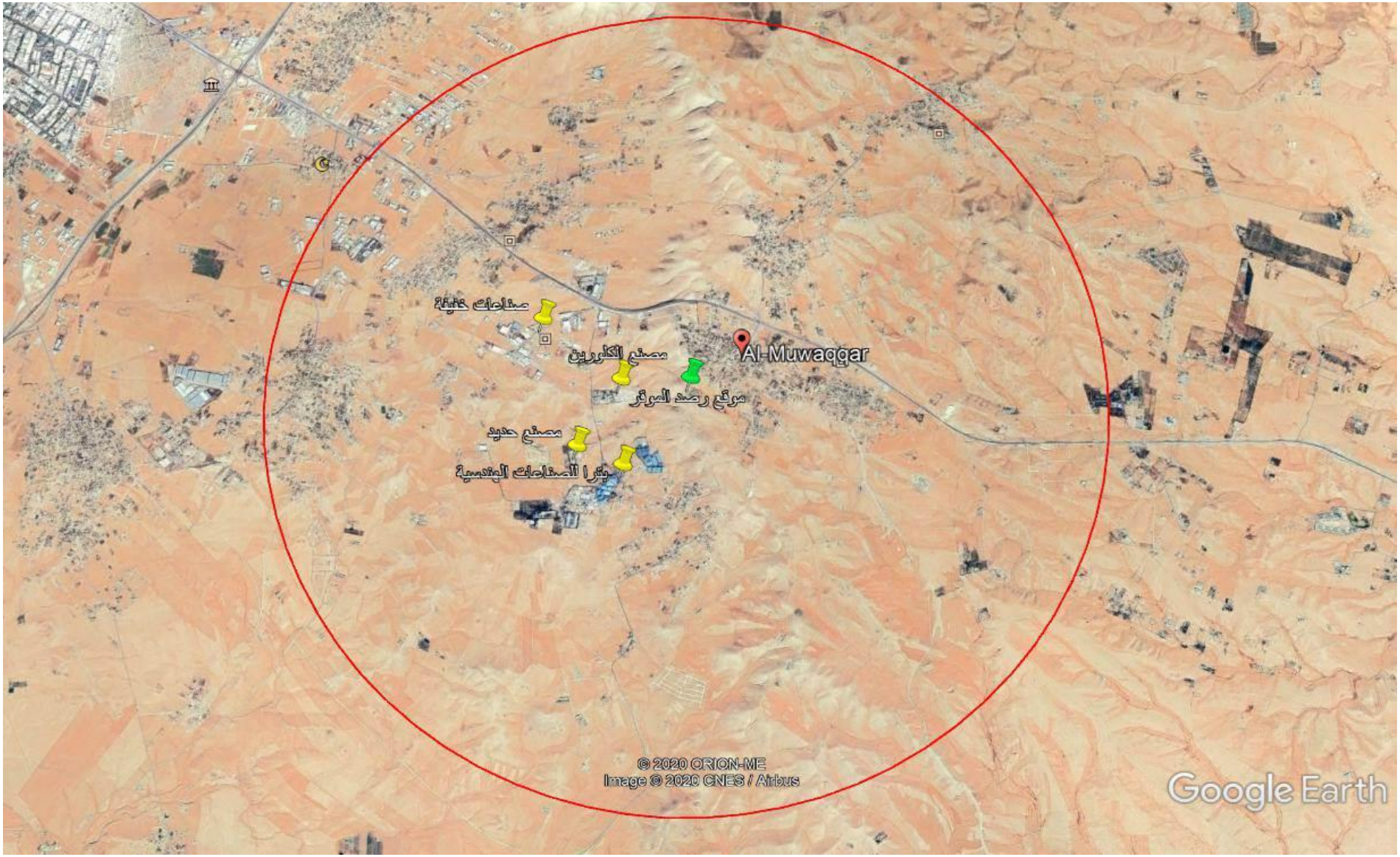
٥. تنفيذ استراتيجيات ومبادئ الاقتصاد الدوار وكفاءة استهلاك الموارد في جميع القطاعات خاصة في النقل والصناعة ومعالجة النفايات لتقليل انبعاثات الملوثات من مصادرها.

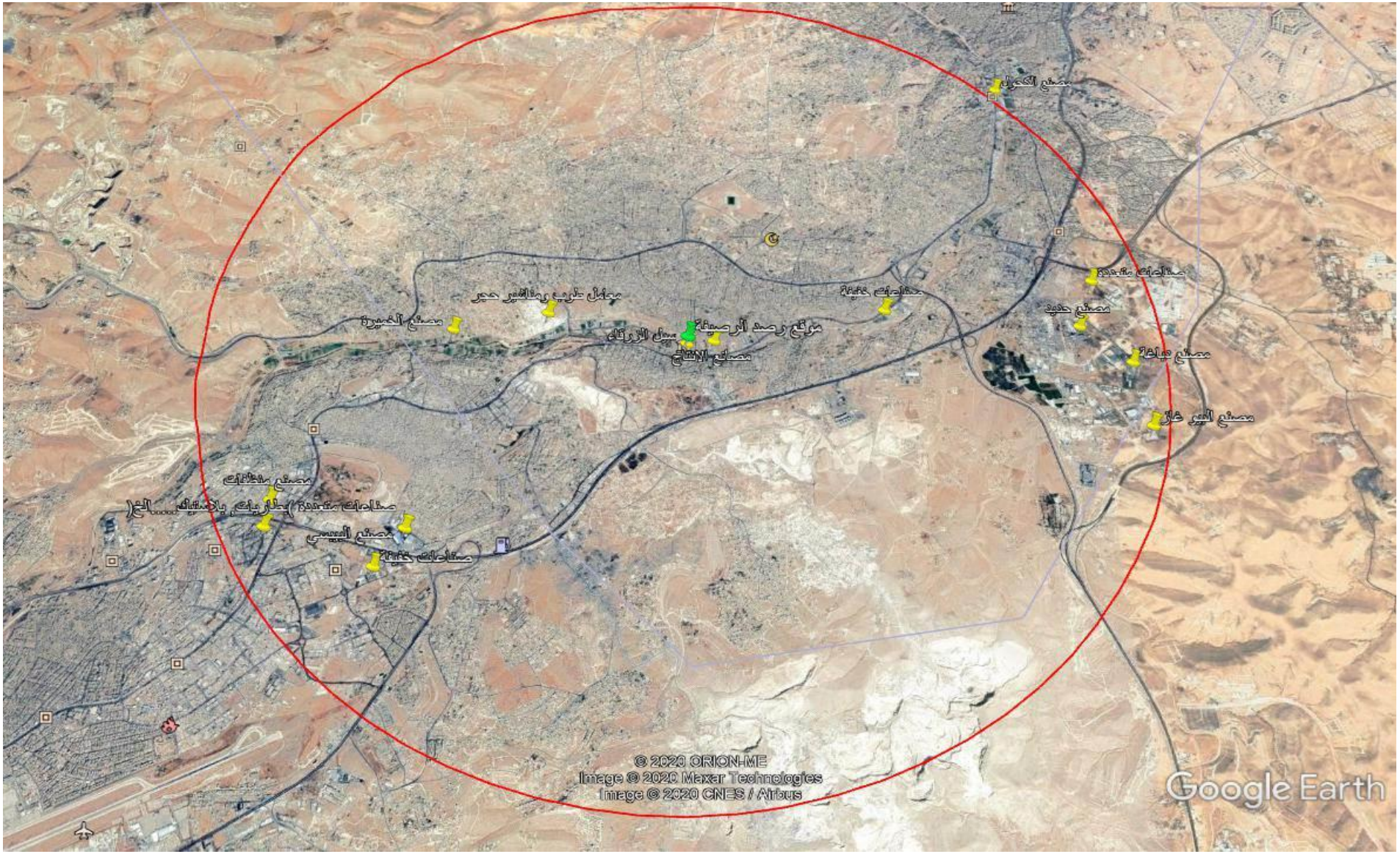
ملحـــق (١)

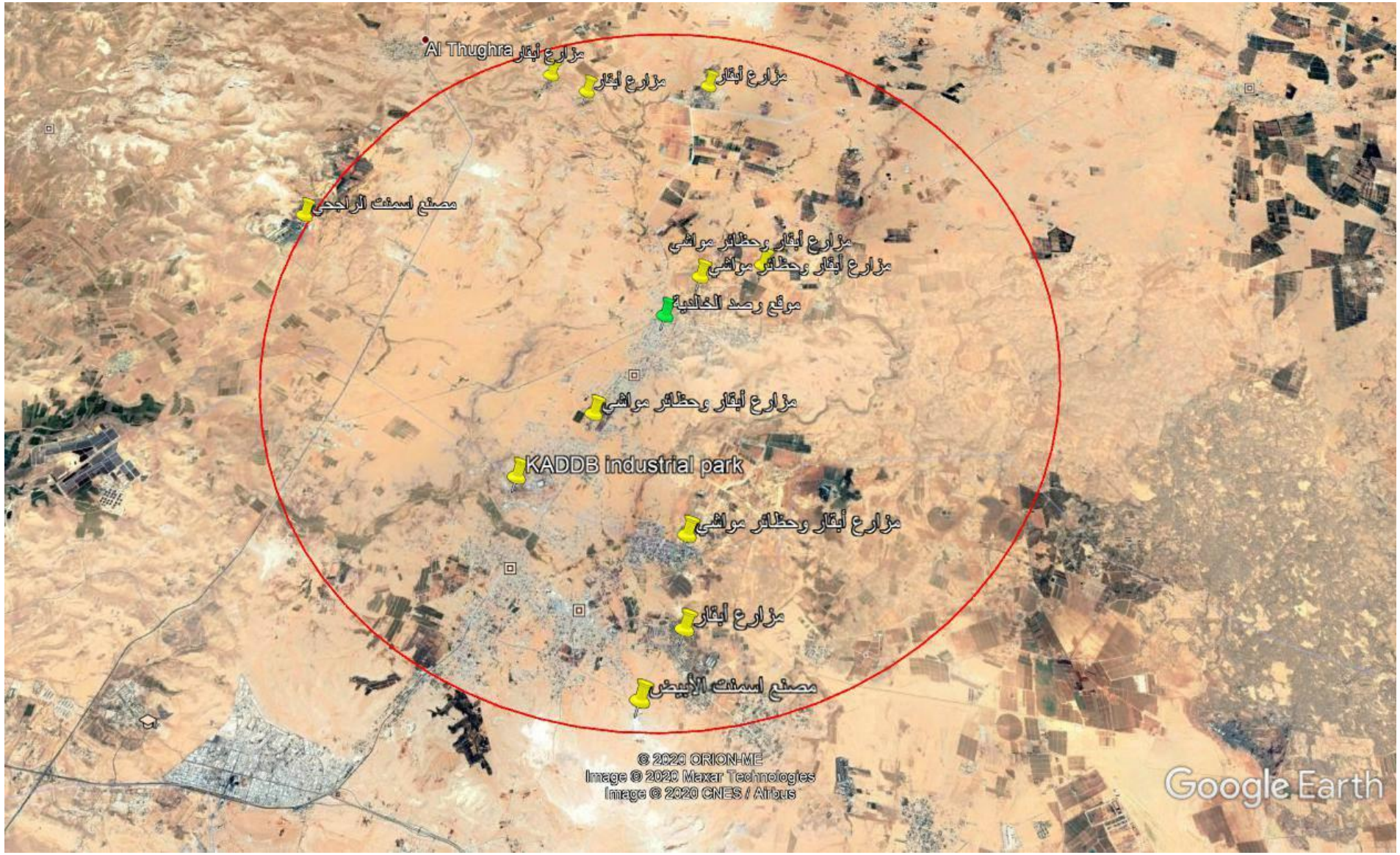
خرائط تبين مواقع الرصد ومصادر التلوث الثابتة


محطة اتنتية
مصنع أدوية
مناشير حجر ومعامل طوب
موقع رصد البقعة
مصنع المنيوم
Balqa
© 2020 ORION-ME
© 2020 Google
Image © 2020 Maxar Technologies
Image © 2020 CNES / Airbus
Google Earth


مطار الملكة علياء الدولي
محطة تنقية المطار
موقع رصد الجيزة
مصنع الحديد
مصانع دهانات وسجائر وزيوت نباتية
مصنع الكربونات
مقلع مصنع الكربونات
مصنع المنيوم
© 2020 ORION-ME
Image © 2020 Maxar Technologies
Image © 2020 CNES / Airbus
© 2020 Google
Google Earth


صناعات خفيفة
مصنع الكلورين
موقع رصد المولد
مصنع حديد
بترا الصناعات الهندسية
Al-Muwaqqar
© 2020 ORION-ME
Image © 2020 CNES / Airbus
Google Earth


مصنع الكحول
مصانع متعددة
مصانع خشبية
مصنع حديد
معامل طوب ومناشير حجر
مصنع الخميرة
موقع رصد الرصيفة
سيل الزرقاء
مصنع الاثاث
مصنع دباغة
مصنع البير غاز
مصنع مخللات
صناعات متعددة (بطاريات, بلاستيك.....الخ)
مصنع البيسي
مصانع خشبية
© 2020 ORION-ME
Image © 2020 Maxar Technologies
Image © 2020 CNES / Airbus
Google Earth


Al Thughra
مزارع أبقار
مزارع أبقار
مزارع أبقار
مصنع اسمنت الراجحي
مزارع أبقار وحظائر مواشي
مزارع أبقار وحظائر مواشي
موقع رصد الخالدية
مزارع أبقار وحظائر مواشي
KADDB industrial park
مزارع أبقار وحظائر مواشي
مزارع أبقار
مصنع اسمنت الأبيض
© 2020 ORION-ME
Image © 2020 Maxar Technologies
Image © 2020 CNES / Airbus
Google Earth

ملحـــق (٢)
برامج الصيانة الدورية والمعايرة
لأجهزة القياس المستخدمة

Table 1: The schedule of the preventive maintenance of sulfur dioxide/hydrogen sulfide analyzers (UV Fluorescent)

Equipment	PM	Frequency
SO_2 / H_2S Analyzer model AF22e	Replace the sample filter element	Bi-weekly
	Optical, electric and fluid parameter check	Monthly
	Internal zero filter replacement	6 months
	KNF pump maintenance	1 year
	UV lamp replacement	2 years or when required

Equipment	PM	Frequency
SO_2 / H_2S Analyzer model APSA 370	Replace the sample filter element	Bi-weekly
	Replace the O-rings	Annual
	Replace the pump valves and diaphragms	Annual
	Replace the air filter	Annual
	Replace (if required) the Xenon lamp	Annual
	Replace the aromatic hydrocarbon cutter	Annual
	Replace the scrubber	Annual
	Replacement of the SOx scrubber unit, glass filled tube	Annual
	Replace the pump	Biennial or when required
	Change the battery	Every 3 years or when BATT alarm occurs

Table 2: The schedule of the preventive maintenance of nitrogen oxides/ammonia analyzers (Chemiluminescent)

Equipment	PM	Frequency
NOx Analyzer APNA 370	Replace the sample filter element	Bi-weekly
	Replace the O-rings	Annual
	Replace the filter packing	Annual
	Replace the pump valves and diaphragms	Annual
	Replace the deionizer unit (packing, filter element and deionizer catalyst)	Annual
	Replace the UV lamp unit and the UV liner	Annual
	Replace the dehumidifier unit	Annual
	Replace the catalyst tube	Annual
	Replace the air filter	Annual
	Replace the scrubber	Annual
	Replace the silica gel	Annual
	Replace the pump	Biannual or when required
	Replace the solenoid valve	Every 3 years or when required
	Change the battery	Every 3 years or when BATT alarm occurs

Continue Table 2…

Equipment	PM	Frequency
NOx/NH_3 Analyzer T201	Replacement the sample inlet filter	Biweekly
	Review and evaluate the Test Functions	Biweekly
	Change chemical for ozone filter	Annually
	Clean the reaction cell window	Annually or as needed
	Change the pump dry filter unit (DFU)	Annually
	Change the ozone particulate filter (DFU)	Annually
	Check for leaks in gas flow paths	Annually
	Replace reaction cell O-rings and sintered filters	Annually
	Rebuilding the pump	When the RCEL pressure exceeds 10 in-Hg (at sea level), noting that the RCEL will be checked biweekly as mentioned in this table.
	Replace the inline exhaust scrubber	Annually
	Replace the NO2 Converter	Every 3 years or when the converter efficiency drops below 96%
	Replace the Desiccant Bags (any time PMT housing is opened for maintenance)	Any time PMT housing is opened for maintenance

Equipment	PM	Frequency
NOx /NH_3 Analyzer Model AC32M	Replacement of sample inlet filter	Monthly
	Clean the fan inlet	Monthly
	Checking of fluid parameter and span factors	Monthly
	Replacing the charcoal cartridge	Quarterly
	Check flow rate and air tightness	Semi-annual
	Cleaning of ozone generator cathode	Semi-annual
	Check and change (if required) the pump valves and diaphragms	Annually
	Changing the molybdenum cartridge	When required
	Cleaning of measurement chamber	When required

Equipment	PM	Frequency
NOx /NH_3 Analyzer Model AC32e	Sample inlet dust filter replacement	Monthly or 2-4 weeks according to dust amount
	Flow rate check	Monthly
	Parameter check	Monthly
	Internal zero filter replacement	Annually
	Dryer filter replacement	Annually
	Ozone filter replacement	Annually
	KNF pump maintenance	Annually
	Dust filter replacement	Annually
	NOx Molybdenum converter replacement	Biennial or When required depending on the analyzer response to the NO2 reference
	Ozone scrubber maintenance	Biennial

Equipment	PM	Frequency
	Ozone restrictor cleaning	If required
	Sample restrictor cleaning	If required
	Test for leaks	If required
	Cleaning of measurement chamber, restrictors, flow circuit.	Annually or when required depending on the span coefficients which will be checked on a monthly basis as mentioned in the parameter check

Table 3: The schedule of the preventive maintenance of particulate matter (PM_{10}/$PM_{2.5}$) monitors (Beta Gauge Monitors)

Equipment	PM	Frequency
Particulate Matter Analyzer 5014i Beta	Clean the outside case using a damp cloth	Monthly
	Inspect and empty the water collector bottle located on the inlet	Monthly
	Dismantle and clean the sampler inlet	Monthly
	Check the O-rings of the inlet and replace as necessary	Monthly
	Inspect and clean the fan filter	Monthly
	Conduct leak test	If required (check flow rate on semi-annual basis)
	Clean the sample tube and the heater tube	Annually
	Rebuild the sample pump	If required
	Replacement of filter tape	In case the filter tape breaks or if it runs out
	Apply metal assembly paste around the parameter of the cam	When changing the filter tape

Equipment	PM	Frequency
Particulate Matter Analyzer BAM-1020 Met One	Nozzle and Vane Cleaning	Monthly
	Leak Check	Monthly
	Flow Rate Verification	Monthly
	Clean Capstan Shaft and Pinch Roller Tires	Monthly
	Clean the Sampling Head	Monthly
	Replace Filter Tape	When required
	Run SELF-TEST Function	Quarterly
	Full Flow Audit and Calibration	Quarterly
	Verify BAM-1020 Settings	Quarterly
	Set Real-Time Clock	Quarterly
	Test Pump Capacity	Semi-annual
	Test Filter RH and Filter Temperature sensors	Semi-annual
	Test Smart Heater	Semi-annual
	Clean Internal Debris Filter	Annual
	Check Membrane Span Foil	Annual
	Beta Detector Count Rate and Dark Count Test	Annual
	Clean Inlet Tube	Annual
	Perform 72 hour BKGD test (BX-302 zero filter)	Annual
	Check the flow rate and rebuild Vacuum Pump (If required)	Biennial

Equipment	PM	Frequency
	Check and replace (If required) the Nozzle O-ring (Special tools required)	Biennial
	Check and replace (If required) Pump Tubing	Biennial

Table 4: The schedule and type of calibration.

No.	Instrument Name	Calibration Type
1	**Sulfur dioxide/hydrogen sulfide analyzer**	- Check of zero point This operation consists of comparing the monitor response for zero air. *Frequency:* monthly - 1-point calibration This is a procedure for checking and correcting the response of the monitor at a span point. *Frequency:* monthly
2	**Nitrogen oxides/ammonia analyzer**	
3	**PM_{10}/$PM_{2.5}$ analyzer (Beta gauge monitor)**	- Particles measurement calibration It is a Beta gauge calibration by using a reference gauge. *Frequency:* Annually for BAM-1020 and quarterly for 5014i - Flow rate test It is a flow rate audit by using a flow meter. *Frequency:* Quarterly conducted for BAM-1020 Met One at 3 sites (البقعة، والجيزة والخالدية).
4	**Weather parameters**	- Verification only on the wind direction This procedure is conducted manually by directing the sensor to a specific direction, comparing the results that appeared on the screen with the actual direction and adjusting the wind direction sensor offset if needed. *Frequency:* Annually

ملحــق (٣)

قيم الارتياب لأعلى المعدلات الساعية واليومية المُسجلة في كل موقع للملوثات الغازية

تم حساب قيمة الارتياب في فترة الثقة ٩٥% لأعلى معدل ساعي وأعلى معدل يومي لكل ملوث على حده بالاعتماد على تعليمات العمل التي تم وضعها من قبل قسم دراسات الهواء في الجمعية العلمية الملكية. علماً بأن حساب قيمة الارتياب لكل ملوث يعتمد على عدة عوامل وهي مواصفات الجهاز وتركيز الغاز المرجعي الذي تم استخدامه في المعايرة وقيمة الارتياب لهذا الغاز وفيما يلي ملخص لقيم الارتياب المحسوبة لكل ملوث في كل موقع.

الموقع	الملوث	وحدة القياس	أعلى معدل ساعي	قيمة الارتياب
البقعة	غاز ثاني أكسيد الكبريت	جزء في البليون	٢٤	٣
	غاز ثاني أكسيد النيتروجين	جزء في البليون	١٩٨	٩
	غاز كبريتيد الهيدروجين	جزء في البليون	١٠	٣
الجبيزة	غاز ثاني أكسيد الكبريت	جزء في البليون	١٣٦	٤
	غاز ثاني أكسيد النيتروجين	جزء في البليون	٦٢	٨
الخالدية	غاز ثاني أكسيد الكبريت	جزء في البليون	٦١	٤
	غاز ثاني أكسيد النيتروجين	جزء في البليون	٨٨	٣
	غاز الأمونيا	جزء في البليون	١٦٤	١٢
الرصيفة	غاز ثاني أكسيد الكبريت	جزء في البليون	٤٦	٥
	غاز ثاني أكسيد النيتروجين	جزء في البليون	٨٨	٩
الموقر	غاز ثاني أكسيد الكبريت	جزء في البليون	١٠٤	٤
	غاز ثاني أكسيد النيتروجين	جزء في البليون	١٠٧	٣

الموقع	الملوث	وحدة القياس	أعلى معدل يومي	قيمة الارتياب
البقعة	غاز ثاني أكسيد الكبريت	جزء في البليون	٩	٣
	غاز ثاني أكسيد النيتروجين	جزء في البليون	٦٢	٨
	غاز كبريتيد الهيدروجين	جزء في البليون	٤	٣
الجبيزة	غاز ثاني أكسيد الكبريت	جزء في البليون	٦	٠,٣
	غاز ثاني أكسيد النيتروجين	جزء في البليون	٣٧	٨
الخالدية	غاز ثاني أكسيد الكبريت	جزء في البليون	١١	٣
	غاز ثاني أكسيد النيتروجين	جزء في البليون	٤٠	٣
	غاز الأمونيا	جزء في البليون	١١٧	٨
الرصيفة	غاز ثاني أكسيد الكبريت	جزء في البليون	١٨	٣
	غاز ثاني أكسيد النيتروجين	جزء في البليون	٤٩	٨
الموقر	غاز ثاني أكسيد الكبريت	جزء في البليون	١٨	٣
	غاز ثاني أكسيد النيتروجين	جزء في البليون	٤٠	١