



الجمعيّة العلميّة المملكيّة  
Royal Scientific Society

في خدمة الوطن منذ ١٩٧٠ • 1970 For Jordan



وزارة البيئة

## دراسة نوعية الهواء في المدن الصناعية في المملكة

التقرير النهائي لعام ٢٠٢١  
(كانون الثاني ٢٠٢١ – كانون الأول ٢٠٢١)

مقدم إلى

وزارة البيئة

إعداد

قسم دراسات الهواء

مركز المياه والبيئة والتغير المناخي

الجمعيّة العلميّة المملكيّة

# حقوق النشر

حقوق النشر محفوظة لوزارة البيئة

ولا يجوز استعمال المعلومات الواردة في هذا التقرير إلا بعد  
الحصول على موافقة خطية من الوزارة

# المحتويات

رقم الصفحة	
أ	قائمة الصور والأشكال
هـ	قائمة الجداول
و	الخلاصة باللغة العربية
ط	الخلاصة باللغة الإنجليزية (Summary)
١	١- المقدمة
١	١-١ المدن الصناعية
١	١-١-١ مدينة عبدالله الثاني بن الحسين الصناعية/عمّان – سحاب
٢	٢-١-١ مدينة الحسن الصناعية/إربد
٢	٣-١-١ مدينة الحسين بن عبدالله الثاني الصناعية/الكرك
٢	٢-١ أهداف الدراسة
٣	٣-١ ملوثات الهواء المحيط التي تم رصدها في الدراسة
٣	١-٣-١ ثاني أكسيد الكبريت ( $SO_2$ )
٣	٢-٣-١ أول أكسيد الكربون ( $CO$ )
٤	٣-٣-١ أكاسيد النيتروجين ( $NO, NO_2$ & $NO_x$ )
٤	٤-٣-١ الجسيمات الدقيقة بقطر يقل عن أو يساوي ٢,٥ ميكرون ( $PM_{2,5}$ )
٤	٤-١ مواقع الرصد
٧	٥-١ أسلوب العمل وأجهزة القياس المستخدمة
٨	٢- نتائج الدراسة

٨	١-٢ مدينة الحسن الصناعية/إربد
١٧	٢-٢ مدينة عبدالله الثاني بن الحسين الصناعية/سحاب
٢٥	٣-٢ مدينة الحسين بن عبدالله الثاني الصناعية/الكرك
٣٠	٣- مناقشة نتائج الدراسة
٣٠	١-٣ مدينة الحسن الصناعية/إربد
٣٣	٢-٣ مدينة عبدالله الثاني بن الحسين الصناعية/سحاب
٣٦	٣-٣ مدينة الحسين بن عبدالله الثاني الصناعية/الكرك
٣٧	٤- مقارنة بين نتائج الرصد لفترات الدراسات السابقة
٤٢	٥- التوصيات

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 للملوثات الغازية المسجلة في كل موقع

## قائمة الصور والأشكال

### رقم الصفحة

- الشكل رقم (١-١): موقع الرصد في سحاب ٥
- الشكل رقم (٢-١): موقع الرصد في إربد ٥
- الشكل رقم (٣-١): موقع الرصد في الكرك ٦
- الشكل رقم (١-٢): المعدلات اليومية وأعلى المعدلات الساعية لتراكيز غاز ثاني أكسيد الكبريت التي سُجلت في موقع الرصد في إربد خلال عام ٢٠٢١ ٨
- الشكل رقم (٢-٢): أعلى المعدلات الساعية لتراكيز غازات أكاسيد النيتروجين التي سُجلت في موقع الرصد في إربد خلال عام ٢٠٢١ ٩
- الشكل رقم (٣-٢): المعدلات اليومية لتراكيز غازات أكاسيد النيتروجين التي سُجلت في موقع الرصد في إربد خلال عام ٢٠٢١ ٩
- الشكل رقم (٤-٢): أعلى المعدلات الساعية وأعلى معدل ٨ ساعات لتراكيز غاز أول أكسيد الكربون التي سُجلت في موقع الرصد في إربد خلال عام ٢٠٢١ ١٠
- الشكل رقم (٥-٢): المعدلات اليومية لتراكيز الجسيمات ( $PM_{2.5}$ ) التي سُجلت في موقع الرصد في إربد خلال عام ٢٠٢١ ١٢
- الشكل رقم (٦-٢): المعدلات الشهرية لتراكيز غاز ثاني أكسيد الكبريت وغاز ثاني أكسيد النيتروجين التي سُجلت في موقع الرصد في إربد خلال عام ٢٠٢١ ١٢
- الشكل رقم (٧-٢): المعدلات الشهرية لتراكيز غاز أول أكسيد الكربون التي سُجلت في موقع الرصد في إربد خلال عام ٢٠٢١ ١٣
- الشكل رقم (٨-٢): المعدلات الشهرية لتراكيز الجسيمات ( $PM_{2.5}$ ) التي سُجلت في موقع الرصد في إربد خلال عام ٢٠٢١ ١٤
- الشكل رقم (٩-٢): توزيع اتجاه الرياح في موقع الرصد في إربد خلال عام ٢٠٢١ ١٥
- الشكل رقم (١٠-٢): توزيع سرعة الرياح (عقدة) في موقع الرصد في إربد خلال عام ٢٠٢١ ١٥
- الشكل رقم (١١-٢): المعدلات الشهرية لسرعة الرياح (عقدة) واتجاه الرياح السائدة خلال كل شهر من أشهر الرصد في إربد خلال عام ٢٠٢١ ١٦

- الشكل رقم (١٢-٢): المعدلات اليومية والمعدلات الساعية القصوى والأدنى المسجلة يومياً للرطوبة النسبية في موقع الرصد في إربد خلال عام ٢٠٢١
- الشكل رقم (١٣-٢): المعدلات اليومية والمعدلات الساعية القصوى والأدنى المسجلة يومياً لدرجة الحرارة في موقع الرصد في إربد خلال عام ٢٠٢١
- الشكل رقم (١٤-٢): المعدلات اليومية وأعلى المعدلات الساعية لتراكيز غاز ثاني أكسيد الكبريت التي سُجلت في موقع الرصد في سحاب خلال عام ٢٠٢١
- الشكل رقم (١٥-٢): أعلى المعدلات الساعية لتراكيز غازات أكاسيد النيتروجين التي سُجلت في موقع الرصد في سحاب خلال عام ٢٠٢١
- الشكل رقم (١٦-٢): المعدلات اليومية لتراكيز غازات أكاسيد النيتروجين التي سُجلت في موقع الرصد في سحاب خلال عام ٢٠٢١
- الشكل رقم (١٧-٢): أعلى المعدلات الساعية وأعلى معدل ٨ ساعات لتراكيز غاز أول أكسيد الكربون التي سُجلت في موقع الرصد في سحاب خلال عام ٢٠٢١
- الشكل رقم (١٨-٢): المعدلات اليومية لتراكيز الجسيمات ( $PM_{2.5}$ ) التي سُجلت في موقع الرصد في سحاب خلال عام ٢٠٢١
- الشكل رقم (١٩-٢): المعدلات الشهرية لتراكيز غاز ثاني أكسيد الكبريت وغاز ثاني أكسيد النيتروجين التي سُجلت في موقع الرصد في سحاب خلال عام ٢٠٢١
- الشكل رقم (٢٠-٢): المعدلات الشهرية لتراكيز غاز أول أكسيد الكربون التي سُجلت في موقع الرصد في سحاب خلال عام ٢٠٢١
- الشكل رقم (٢١-٢): المعدلات الشهرية لتراكيز الجسيمات ( $PM_{2.5}$ ) التي سُجلت في موقع الرصد في سحاب خلال عام ٢٠٢١
- الشكل رقم (٢٢-٢): توزيع اتجاه الرياح في موقع الرصد في سحاب خلال عام ٢٠٢١
- الشكل رقم (٢٣-٢): توزيع سرعة الرياح (عقدة) في موقع الرصد في سحاب خلال عام ٢٠٢١
- الشكل رقم (٢٤-٢): المعدلات الشهرية لسرعة الرياح (عقدة) واتجاه الرياح السائدة خلال كل شهر من أشهر الرصد في سحاب خلال عام ٢٠٢١
- الشكل رقم (٢٥-٢): المعدلات اليومية والمعدلات الساعية القصوى والأدنى المسجلة يومياً للرطوبة النسبية في موقع الرصد في سحاب خلال عام ٢٠٢١
- الشكل رقم (٢٦-٢): المعدلات اليومية والمعدلات الساعية القصوى والأدنى المسجلة يومياً لدرجة الحرارة في موقع الرصد في سحاب خلال عام ٢٠٢١

- الشكل رقم (٢-٢٧): المعدلات اليومية لتراكيز الجسيمات ( $PM_{2.5}$ ) التي سُجلت في موقع الرصد في الكرك خلال عام ٢٠٢١ ٢٦
- الشكل رقم (٢-٢٨): المعدلات الشهرية لتراكيز الجسيمات ( $PM_{2.5}$ ) التي سُجلت في موقع الرصد في الكرك خلال عام ٢٠٢١ ٢٦
- الشكل رقم (٢-٢٩): توزيع اتجاه الرياح في موقع الرصد في الكرك خلال عام ٢٠٢١ ٢٧
- الشكل رقم (٢-٣٠): توزيع سرعة الرياح (عقدة) في موقع الرصد في الكرك خلال عام ٢٠٢١ ٢٨
- الشكل رقم (٢-٣١): المعدلات الشهرية لسرعة الرياح (عقدة) واتجاه الرياح السائدة خلال كل شهر من أشهر الرصد في الكرك خلال عام ٢٠٢١ ٢٨
- الشكل رقم (٢-٣٢): المعدلات اليومية والمعدلات الساعية القصوى والأدنى المسجلة يومياً للرطوبة النسبية في موقع الرصد في الكرك خلال عام ٢٠٢١ ٢٩
- الشكل رقم (٢-٣٣): المعدلات اليومية والمعدلات الساعية القصوى والأدنى المسجلة يومياً لدرجة الحرارة في موقع الرصد في الكرك خلال عام ٢٠٢١ ٢٩
- الشكل رقم (٣-١): المعدلات السنوية والفصلية لتراكيز غازات ثاني أكسيد الكبريت وثاني أكسيد النيتروجين وأول أكسيد الكربون ولسرعة الرياح السائدة لكل ساعة من ساعات اليوم في موقع الرصد في إربد خلال عام ٢٠٢١ ٣١
- الشكل رقم (٣-٢): توزيع اتجاه الرياح في موقع الرصد في إربد خلال الأيام التي سجل فيها تجاوز للحد اليومي المنصوص عليه في القاعدة الفنية الأردنية رقم (٢٠٠٦ / ١١٤٠) للجسيمات ( $PM_{2.5}$ ) خلال عام ٢٠٢١ ٣٢
- الشكل رقم (٣-٣): توزيع سرعة الرياح (عقدة) في موقع الرصد في إربد خلال الأيام التي سجل فيها تجاوز للحد اليومي المنصوص عليه في القاعدة الفنية الأردنية رقم (٢٠٠٦ / ١١٤٠) للجسيمات ( $PM_{2.5}$ ) خلال عام ٢٠٢١ ٣٢
- الشكل رقم (٣-٤): المعدلات السنوية والفصلية لتراكيز غازات ثاني أكسيد الكبريت وثاني أكسيد النيتروجين وأول أكسيد الكربون ولسرعة الرياح السائدة لكل ساعة من ساعات اليوم في موقع الرصد في سحاب خلال عام ٢٠٢١ ٣٤
- الشكل رقم (٣-٥): توزيع اتجاه الرياح في موقع الرصد في سحاب خلال الأيام التي سجل فيها تجاوز للحد اليومي المنصوص عليه في القاعدة الفنية الأردنية رقم (٢٠٠٦ / ١١٤٠) للجسيمات ( $PM_{2.5}$ ) خلال عام ٢٠٢١ ٣٥
- الشكل رقم (٣-٦): توزيع سرعة الرياح (عقدة) في موقع الرصد في سحاب خلال الأيام التي سجل فيها تجاوز للحد اليومي المنصوص عليه في القاعدة الفنية الأردنية رقم (٢٠٠٦ / ١١٤٠) للجسيمات ( $PM_{2.5}$ ) خلال عام ٢٠٢١ ٣٥
- الشكل رقم (٣-٧): توزيع اتجاه الرياح في موقع الرصد في الكرك خلال الأيام التي سجل فيها تجاوز للحد اليومي المنصوص عليه في القاعدة الفنية الأردنية رقم (٢٠٠٦ / ١١٤٠) للجسيمات ( $PM_{2.5}$ ) خلال عام ٢٠٢١ ٣٦
- الشكل رقم (٣-٨): توزيع سرعة الرياح (عقدة) في موقع الرصد في الكرك خلال الأيام التي سجل فيها تجاوز للحد اليومي المنصوص عليه في القاعدة الفنية الأردنية رقم (٢٠٠٦ / ١١٤٠) للجسيمات ( $PM_{2.5}$ ) خلال عام ٢٠٢١ ٣٧

- ٣٨ الشكل رقم (١-٤): مقارنة بين أعلى المعدلات الساعية واليومية والمعدلات السنوية لغاز ثاني أكسيد الكبريت التي سُجلت في موقعي الرصد في إربد وسحاب خلال سنوات الرصد (٢٠١٢ - ٢٠٢١)
- ٣٩ الشكل رقم (٢-٤): مقارنة بين أعلى المعدلات الساعية واليومية والمعدلات السنوية لغاز ثاني أكسيد النيتروجين التي سُجلت في موقعي الرصد في إربد وسحاب خلال سنوات الرصد (٢٠١٢ - ٢٠٢١)
- ٤٠ الشكل رقم (٣-٤): مقارنة بين أعلى المعدلات الساعية واليومية والمعدلات السنوية لغاز أول أكسيد الكربون التي سُجلت في موقعي الرصد في إربد وسحاب خلال سنوات الرصد (٢٠١٢ - ٢٠٢١)
- ٤١ الشكل رقم (٤-٤): مقارنة بين أعلى اليومية والمعدلات السنوية للجسيمات ( $PM_{2.5}$ ) التي سُجلت في جميع مواقع الرصد خلال سنوات الرصد (٢٠١٢ - ٢٠٢١)

# قائمة الجداول

## رقم الصفحة

- جدول رقم (١-١): الحدود القصوى المسموح بها لملوثات الهواء المحيط التي تم رصدها في الدراسة (القاعدة الفنية الأردنية رقم ٢٠٠٦/١١٤٠)
- جدول رقم (٢-١): مواقع رصد الملوثات في سحب وإربد والكرك بالنسبة للمدن الصناعية
- جدول رقم (٣-١): ملخص وصف مواقع رصد الملوثات في المدن الصناعية في سحب وإربد والكرك
- جدول رقم (٤-١): الأجهزة المستخدمة في رصد نوعية الهواء المحيط في المدن الصناعية في سحب وإربد والكرك
- جدول رقم (١-٢): أعلى المعدلات الساعية للملوثات الغازية في موقع الرصد في إربد خلال عام ٢٠٢١
- جدول رقم (٢-٢): أعلى المعدلات اليومية لغاز ثاني أكسيد الكبريت وغازات أكاسيد النيتروجين في موقع الرصد في إربد خلال عام ٢٠٢١
- جدول رقم (٣-٢): أعلى المعدلات الساعية للملوثات الغازية في موقع الرصد في سحب خلال عام ٢٠٢١
- جدول رقم (٤-٢): أعلى المعدلات اليومية لغاز ثاني أكسيد الكبريت وغازات أكاسيد النيتروجين في موقع الرصد في سحب خلال عام ٢٠٢١

# الخلاصة

إن التطور الصناعي والخدمي الذي تشهده المملكة والذي يرافقه زيادة التعداد السكاني وما يسببه ذلك من زيادة في استهلاك الكهرباء وفي عدد المركبات يؤدي إلى زيادة انبعاث الملوثات التي من شأنها التأثير على نوعية الهواء في العديد من المناطق وبالتالي التأثير على البيئة وعلى صحة الإنسان وراحته. من هنا تأتي أهمية مراقبة نوعية الهواء خاصة في المناطق المأهولة القريبة من النشاطات الصناعية والخدمية وحركة السير الكثيف. وانطلاقاً من واجبات واهتمام وزارة البيئة بمراقبة نوعية الهواء في المملكة فقد وقعت اتفاقية رقم ٢٠٠٨/٧٥ مع قسم دراسات الهواء / مركز المياه والبيئة والتغير المناخي في الجمعية العلمية الملكية للقيام بمراقبة نوعية الهواء في محيط ثلاث مدن صناعية وهي مدينة الحسن الصناعية في إربد ومدينة عبد الله الثاني بن الحسين الصناعية في سحاب ومدينة الحسين بن عبد الله الثاني الصناعية في الكرك.

هدفت هذه الدراسة والتي استمرت للفترة (٢٠٢١/١/١ - ٢٠٢١/١٢/٣١) إلى تحديد مستويات الملوثات الغازية والجسيمات الدقيقة في المناطق الثلاثة المشار إليها أعلاه ومقارنتها فيما بينها وبالحدود المنصوص عليها في القاعدة الفنية الأردنية لنوعية الهواء المحيط رقم ٢٠٠٦/١١٤٠ ودراسة تغير نوعية الهواء مع الوقت. كما هدفت الدراسة إلى تقديم النتائج والمقترحات لمتخذي القرار لمساعدتهم على اتخاذ الإجراءات والقرارات المستندة إلى معلومات الرصد والتي من شأنها تحسين نوعية الهواء في تلك المناطق.

لقد تمت مراقبة مستويات الجسيمات الدقيقة ( $PM_{2.5}$ ) في جميع مواقع الرصد في سحاب والكرك وإربد. كما وتمت مراقبة مستويات أكاسيد النيتروجين ( $NO, NO_2, NO_x$ ) وأول أكسيد الكربون ( $CO$ ) وثاني أكسيد الكبريت ( $SO_2$ ) في موقعي الرصد في إربد وسحاب حيث أن هذه الملوثات تنتج من حرق الوقود في الصناعات والمركبات الخفيفة والثقيلة، ويجدر بالذكر أن نسبة الكبريت مرتفعة نسبياً في الديزل والوقود الثقيل المنتج في مصفاة البترول والمستخدم في الأردن.

أظهرت نتائج الدراسة التالي:

- كانت مستويات غاز ثاني أكسيد الكبريت وغاز أول أكسيد الكربون وغاز ثاني أكسيد النيتروجين في موقع الرصد في سحاب ضمن الحدود المنصوص عليها في القاعدة الفنية الأردنية رقم ٢٠٠٦/١١٤٠ لفترة الدراسة الحالية. فيما تجاوزت المعدلات اليومية والمعدل السنوي للجسيمات ( $PM_{2.5}$ ) الحدود اليومية والسنوية المنصوص عليها في القاعدة الفنية الأردنية رقم ٢٠٠٦/١١٤٠، حيث تم تسجيل ٦ تجاوزات للحد اليومي المنصوص عليه في القاعدة الفنية الأردنية رقم ٢٠٠٦/١١٤٠. كانت الرياح السائدة في موقع الرصد في سحاب هي الرياح الساكنة بنسبة ٦٧,٤% تلتها الرياح الغربية بنسبة ٢٥,٣%.
- كانت مستويات غاز ثاني أكسيد الكبريت وغاز أول أكسيد الكربون وغاز ثاني أكسيد النيتروجين في موقع الرصد في إربد ضمن الحدود المنصوص عليها في القاعدة الفنية الأردنية رقم ٢٠٠٦/١١٤٠ لفترة الدراسة الحالية. فيما تجاوزت المعدلات اليومية والمعدل السنوي للجسيمات ( $PM_{2.5}$ ) الحدود اليومية والسنوية المنصوص عليها في القاعدة الفنية الأردنية رقم ٢٠٠٦/١١٤٠، حيث تم تسجيل ٦ تجاوزات للحد اليومي المنصوص عليه في القاعدة الفنية الأردنية رقم ٢٠٠٦/١١٤٠. كانت الرياح السائدة في موقع الرصد في إربد هي الرياح الساكنة بنسبة ٦٢,٣% تلتها الرياح الغربية بنسبة ٣٢,٨%.
- كانت مستويات الجسيمات ( $PM_{2.5}$ ) في موقع الرصد في الكرك مرتفعة نسبياً خلال فترة الدراسة الحالية، حيث تجاوزت المعدلات اليومية والسنوية الحدود المنصوص عليها في القاعدة الفنية الأردنية رقم ٢٠٠٦/١١٤٠، حيث تم تسجيل ٤ تجاوزات للحد اليومي المنصوص عليه في القاعدة الفنية الأردنية رقم ٢٠٠٦/١١٤٠. كانت الرياح السائدة في موقع الرصد في الكرك هي الرياح الساكنة بنسبة ٧٦,٦% تلتها الرياح الشمالية الغربية بنسبة ١٧,١%.

وقد خلصت الدراسة إلى بعض التوصيات أهمها الاستمرار في مراقبة نوعية الهواء في مناطق الرصد الحالية وشمول مناطق وملوثات هواء أخرى ضمن برنامج رصد نوعية الهواء المحيط. الجدول في الصفحة التالية يظهر ملخصاً لنتائج رصد الملوثات في مواقع الرصد خلال عام ٢٠٢١.

ملخص نتائج الرصد في مواقع الرصد خلال عام ٢٠٢١

المعدل السنوي	عدد تجاوزات المعدلات اليومية لحد المواصفة	عدد تجاوزات المعدلات الساعية لحد المواصفة	أعلى معدل يومي	أعلى معدل ساعي	الموقع	الملوثات
١٠	صفر	صفر	٦٥	١٨٤	إربد	ثاني أكسيد الكبريت (جزء في البليون)
١٤	صفر	صفر	٣١	١٠٣		ثاني أكسيد النيتروجين (جزء في البليون)
٢٢١	صفر**	صفر	*٤٥٥	١١٨٠		أول أكسيد الكربون (جزء في البليون)
٣١	٦	لا يوجد حد في المواصفة	١٨٧	٥٦٥		الجسيمات (PM <sub>2.5</sub> ) (ميكروغرام/م <sup>٣</sup> )
٤	صفر	صفر	٩	٢٢	سحاب	ثاني أكسيد الكبريت (جزء في البليون)
٢٢	صفر	صفر	٧٩	١٧٢		ثاني أكسيد النيتروجين (جزء في البليون)
٤١٢	صفر**	صفر	*١٦٥٩	٢٦٧٠		أول أكسيد الكربون (جزء في البليون)
٢٨	٦	لا يوجد حد في المواصفة	١٢٤	٣٨٥		الجسيمات (PM <sub>2.5</sub> ) (ميكروغرام/م <sup>٣</sup> )
١٦	٤	لا يوجد حد في المواصفة	٢٠٥	٧٩٢	الكرك	الجسيمات (PM <sub>2.5</sub> ) (ميكروغرام/م <sup>٣</sup> )

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

الحد السنوي	الحد اليومي	الحد الساعي	الملوث
٤٠	١٤٠	٣٠٠	ثاني أكسيد الكبريت (جزء في البليون)
٥٠	٨٠	٢١٠	ثاني أكسيد النيتروجين (جزء في البليون)
لا يوجد حد في المواصفة	***٩٠٠٠	٢٦٠٠٠	أول أكسيد الكربون (جزء في البليون)
١٥	٦٥	لا يوجد حد في المواصفة	الجسيمات (PM <sub>2.5</sub> ) (ميكروغرام/م <sup>٣</sup> )

\*أعلى معدل ٨ ساعات.

\*\* عدد تجاوزات معدلات الـ ٨ ساعات لحد المواصفة.

\*\*\* حد الـ ٨ ساعات

## Summary

The development of industrial and services sectors in Jordan, accompanied by the increase of Jordanian population, electricity consumption and the number of vehicles (increase of fuel consumption) results in an increase in the pollutants' levels in the ambient air, which in turn causes degradation of the air quality in many areas and adversely impacts the public health. Therefore, it is so important to study the ambient air quality of the residential areas that are close to the air pollution sources. The Ministry of Environment, based on its mandate, signed agreement No. 75/2008 with Air Studies Division/ Water, Environment and Climate Change Centre of the Royal Scientific Society to monitor the ambient air quality of three areas vulnerable to air pollution, these areas are close to the following industrial estates: Al Hasan industrial estate in Irbid, Abdullah II bin Al Hussein industrial estate in Sahab and Al Hussein bin Abudullah II industrial estate in Karak.

The main aim of this study that lasted during the period (1/1/2021 – 31/12/2021) is to identify the levels of air pollutants in the above-mentioned three areas and to compare the recorded hourly, daily and yearly averages of different air pollutants with the Jordanian standards JS 1140/2006 and to study the air quality changes with time. The study aimed also at helping the decision makers in identifying and enhancing the implementation of the proper measures that could improve the environmental conditions in the study areas.

Levels of fine particulate matter with aerodynamic diameter equals to or less than 2.5 micron (**PM<sub>2.5</sub>**) were monitored at all monitoring sites (Irbid, Sahab & Karak. While the levels of nitrogen oxides (**NO**, **NO<sub>2</sub>** & **NO<sub>x</sub>**), carbon monoxide (**CO**) and sulfur dioxide (**SO<sub>2</sub>**) were monitored in Irbid and Sahab 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.

The main results of the study are:

- Sulfur dioxide (SO<sub>2</sub>), carbon monoxide (CO) and nitrogen dioxide (NO<sub>2</sub>) levels at Sahab site were within the allowable limits stated in JS 1140/2006 during the

current study period. While the daily and annual averages of  $PM_{2.5}$  exceeded the allowable limits stated in JS1140/2006, in which 6 daily exceedances were recorded at this site. The prevailing wind direction at Sahab site was calm wind with 67.4% followed by western wind with 25.3%.

- Sulfur dioxide ( $SO_2$ ), carbon monoxide (CO) and nitrogen dioxide ( $NO_2$ ) levels at Irbid site were within the allowable limits stated in JS 1140/2006 during the current study period. While the daily and annual averages of  $PM_{2.5}$  exceeded the allowable limits stated in JS1140/2006, in which 6 daily exceedances were recorded at this site. The prevailing wind direction at Irbid site was calm wind with 62.3% followed by western wind with 32.8%.
- Particulate ( $PM_{2.5}$ ) levels at Karak site exceeded the daily and annual limits stated in JS 1140/2006, in which 4 daily exceedances were recorded at this site. The prevailing wind direction at the monitoring site in Karak was calm wind with 76.6%, followed by northwest wind with 17.1%.

The most important recommended actions this study suggests are; to continue ambient air quality monitoring in the current areas, to increase the spatial coverage of air quality monitoring and to include other air pollutants to the monitoring program.

## ١. المقدمة

تهدف شركة المدن الصناعية الأردنية التي أنشئت عام ١٩٨٠م إلى إقامة مدن صناعية في كافة أقاليم المملكة لتكون مناطق مجهزة بالبنية التحتية اللازمة تجمع داخل حدودها مختلف الصناعات. ويوجد في الأردن حاليًا ٦ مدن صناعية عاملة موزعة في مدينة عبدالله الثاني الصناعية في سحاب ومدينة الحسين بن عبدالله الثاني الصناعية في الكرك ومدينة الحسن الصناعية في إربد ومدينة الموقر الصناعية ومدينة العقبة الصناعية الدولية ومدينة المفرق الصناعية.

وحيث أن النشاطات الصناعية قد تؤدي إلى تلوث الهواء المحيط الذي يؤثر بشكل مباشر وغير مباشر على صحة الإنسان وراحته، فإن هنالك حاجة لمراقبة نوعية الهواء خاصة في المناطق المأهولة القريبة من المدن الصناعية. وحسب قانون حماية البيئة رقم (٦) لسنة ٢٠١٧، فإن وزارة البيئة هي الجهة المختصة بحماية البيئة في المملكة وهي المسؤولة عن مراقبة وقياس عناصر البيئة ومكوناتها ومتابعتها من خلال المراكز العلمية التي تعتمدها الوزارة وفقاً للمعايير المعتمدة. لذلك فقد قامت الوزارة بتوقيع اتفاقية رقم ٢٠٠٨/٧٥ مع الجمعية العلمية الملكية لرصد نوعية الهواء المحيط بشكل متواصل في ثلاثة مواقع قريبة من المدن الصناعية في سحاب وإربد والكرك. حيث يشمل الرصد مراقبة مستويات الجسيمات الدقيقة العالقة بالهواء بقطر يقل عن ٢,٥ ميكرون ( $PM_{2.5}$ ) بالإضافة إلى رصد سرعة واتجاه الرياح والرطوبة النسبية ودرجة الحرارة في مواقع الرصد الثلاثة. كما يشمل الرصد مراقبة مستويات غازات ثاني أكسيد الكبريت ( $SO_2$ ) وأول أكسيد الكربون ( $CO$ ) وأكاسيد النيتروجين ( $NO$ ,  $NO_2$ ,  $NOx$ ) بشكل متواصل في موقعي الرصد في سحاب وإربد. ومن الجدير بالذكر بأن قسم دراسات الهواء حاصل على نظام الاعتماد الأردني في ISO17025:2017 من قبل وحدة الاعتماد الأردني - نظام الاعتماد والتقييس الأردني (JAS-AU) شهادة رقم (TEST-075) لقياسات غازات ثاني أكسيد الكبريت ( $SO_2$ ) وأول أكسيد الكربون ( $CO$ ) وأكاسيد النيتروجين ( $NO$ ,  $NO_2$ ,  $NOx$ ) والجسيمات ( $PM_{2.5}$ ).

يغطي هذا التقرير السنوي نتائج الرصد التي تم الحصول عليها خلال فترة الرصد من ٢٠٢١/١/١ ولغاية ٢٠٢١/١٢/٣١.

## ١-١ المدن الصناعية<sup>١</sup>

### ١-١-١ مدينة عبدالله الثاني بن الحسين الصناعية/عمّان - سحاب

تعتبر مدينة عبد الله الثاني الصناعية أكبر مدينة صناعية في المملكة حيث تم إنشاؤها عام ١٩٨٤م. تقع هذه المدينة الصناعية على بعد ١٢ كم جنوب شرق العاصمة عمّان. تبلغ المساحة الكلية لمدينة عبد الله الثاني الصناعية (٢٥٣٠) دونم وتضم ٤٠٩ شركة صناعية تمثل استثمارات عربية وأجنبية ومشاركة ووفرت (١٤٧١٣) فرصة عمل. وانتهت شركة المدن الصناعية خلال عام ٢٠١٩ من تنفيذ أعمال التطوير لمحطة التنقية في المدينة الصناعية بهدف توفير مدن صناعية صديقة للبيئة من خلال تخفيف الآثار السلبية والحد من انبعاثات الروائح الصادرة عن محطة التنقية.

تشمل هذه المدينة الصناعية القطاعات التالية: قطاع الصناعات الغذائية وقطاع الصناعات الدوائية وقطاع الصناعات الهندسية (الكهربائية والمعدنية) وقطاع الصناعات البلاستيكية والمطاطية وقطاع الصناعات الكيماوية وقطاع الصناعات النسيجية والقطنية وقطاع صناعة الأثاث الخشبي والمعدني وقطاع الصناعات الورقية والتعبئة والتغليف والطباعة وقطاع الصناعات الجلدية وقطاع الصناعات الإنشائية وقطاع الخدمات.

<sup>١</sup> التقرير السنوي لعام ٢٠٢٠ المنشور على الموقع الإلكتروني لشركة المدن الصناعية الأردنية.

### ٢-١-١ مدينة الحسن الصناعية/إربد

تم إنشاء مدينة الحسن الصناعية عام ١٩٩١م. تقع مدينة الحسن الصناعية في شمال مدينة إربد على الطريق الدولي وبالقرب من المعبر الحدودي الشمالي وعلى بعد ٧٥ كم شمال مدينة عمان وقد تم اعتمادها كأول وأكبر تجمع صناعي في إقليم الشمال/محافظة إربد، تبلغ المساحة الإجمالية للمدينة (١١٧٨) دونم. تم تنفيذها على ثلاث مراحل، وبدأت شركة المدن الصناعية بأعمال التوسعة الرابعة للمدينة لتلبية الطلب المتنامي على الاستثمار فيها، حيث تبلغ مساحة المنطقة المخصصة لغايات التوسعة (٢١٤) دونم حيث ستضمن أعمال التوسعة تنفيذ مباني صناعية جاهزة. استقطبت مدينة الحسن الصناعية (١٣٧) شركة صناعية ووفرت المشاريع العاملة في هذه المدينة (٣٦٦٢٢) فرصة عمل.

تشمل هذه المدينة الصناعية القطاعات التالية: قطاع الصناعات الغذائية وقطاع الصناعات الدوائية وقطاع الصناعات الهندسية وقطاع الصناعات البلاستيكية والمطاطية وقطاع الصناعات الكيماوية وقطاع الصناعات النسيجية وقطاع الخدمات.

### ٣-١-١ مدينة الحسين بن عبدالله الثاني الصناعية/الكرك

تعتبر مدينة الحسين بن عبدالله الثاني الصناعية ثاني مدينة صناعية حكومية مؤهلة تم تنفيذها في إقليم الجنوب، تبعد ١١٨ كم جنوب مدينة عمان وترتبط بميناء العقبة على البحر الأحمر بطريق سريع، تبلغ مساحتها الإجمالية (١٨٥٦) دونم واستقطبت هذه المدينة (٣٥) شركة صناعية ووفرت (٢٦٧٣) فرصة عمل. تشمل هذه المدينة الصناعية القطاعات التالية: نسيجية وغذائية ودوائية وإنشائية وبلاستيكية وكيماوية.

### ٢-١ أهداف الدراسة

- هدفت هذه الدراسة والتي امتدت من ٢٠٢١/١/١ - ٢٠٢١/١٢/٣١ إلى:
- تحديد مستويات الملوثات الغازية والجسيمات الدقيقة في المدن الصناعية في سحاب وإربد والكرك ومقارنتها بالحدود المنصوص عليها في القاعدة الفنية الأردنية لنوعية الهواء المحيط رقم (٢٠٠٦/١١٤٠). يبين الجدول رقم (١-١) الحدود القصوى المنصوص عليها في القاعدة الفنية الأردنية للملوثات التي تم رصدها في هذه المواقع.
  - إنشاء قاعدة بيانات لنوعية الهواء المحيط في الأردن والتي تساعد أصحاب القرار لاتخاذ الإجراءات اللازمة ووضع الإستراتيجيات والسياسات الملائمة.
  - تقييم التغير السنوي في نوعية الهواء المحيط في المناطق المرصودة.
  - مقارنة حالة نوعية الهواء المحيط في المناطق الصناعية في الأردن حسب الظروف المختلفة مثل الموقع والمناخ وحجم الصناعات، إلخ.
  - 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.

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

الملوثات	زمن المعدل المأخوذ	الحد الأقصى المسموح به	عدد مرات التجاوز المسموحة
ثاني أكسيد الكبريت (SO <sub>2</sub> )	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	---
أول أكسيد الكربون (CO)	ساعة واحدة	٢٦٠٠٠ جزء في البليون	٣ مرات خلال أي ١٢ شهر
	٨ ساعات	٩٠٠٠ جزء في البليون	٣ مرات خلال أي ١٢ شهر
ثاني أكسيد النيتروجين (NO <sub>2</sub> )	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 الدقيقة بقطر يقل عن أو يساوي ٢,٥ ميكرون (PM <sub>2.5</sub> )	٢٤ ساعة	٦٥ ميكروغرام/م <sup>٣</sup>	٣ مرات خلال أي ١٢ شهر
	سنوي	١٥ ميكروغرام/م <sup>٣</sup>	---

### ٣-١ ملوثات الهواء المحيط التي تم رصدها في الدراسة

#### ١-٣-١ ثاني أكسيد الكبريت (SO<sub>2</sub>)

ثاني أكسيد الكبريت (SO<sub>2</sub>) غاز عديم اللون له رائحة نفاذة. المصادر الرئيسية لانبعاث هذا الغاز هي منشآت صهر الكبريت المعدني ومحطات توليد الطاقة ومعامل تكرير النفط وغيرها من الصناعات والنشاطات التي يُحرق فيها الوقود الذي يحتوي على نسبة من شائب الكبريت. كما ينبعث هذا الغاز من مصادر طبيعية مثل البراكين وتحلل المواد العضوية.

يسبب التعرض لهذا الغاز تهيجاً في أغشية العين والجهاز التنفسي بدرجات مختلفة وذلك حسب تركيزه في الهواء المستنشق ومدة التعرض له وكذلك حسب حساسية الشخص المتعرض له وتواجده مع ملوثات أخرى مثل الجسيمات والأوزون حيث أنه من الممكن أن يسبب أمراضاً مزمنة مثل الربو والتهاب الشعب الرئوية. كما أنه إلى جانب أكاسيد النيتروجين، يكون المطر الحمضي الذي قد يقتل الحياة الفطرية والأشجار ويتلف المباني والمواد والممتلكات.

#### ٢-٣-١ أول أكسيد الكربون (CO)

أول أكسيد الكربون (CO) هو غاز سام لا لون ولا رائحة له وهو أحد النواتج الجانبية للحرق غير التام للوقود. لا يؤدي استنشاق هذا الغاز إلى ضرر ملحوظ في الرئتين إلا أنه يقلل من قدرة الدم على حمل الأكسجين حيث يتفاعل كيميائياً مع الهيموجلوبين. إن التعرض لتراكيز منخفضة من أول أكسيد الكربون يؤدي إلى الدوار والغثيان والصداع وانخفاض القدرة على التركيز وتردي القدرة على الأداء والقيام بالمهام اليومية. بينما يؤدي التعرض للتراكيز العالية، والذي قد يحدث في المناطق المغلقة، إلى التسمم الحاد والذي ينتج عنه فقدان الوعي وحتى الموت نتيجة الاختناق. إن تعرض بعض المجموعات الحساسة مثل الحوامل وكبار السن والمرضى والذين يعانون من

بعض الأمراض المزمنة مثل التهاب الشعب الهوائية المزمن أو فقر الدم على جميع أنواعه إلى تراكيز من غاز أول أكسيد الكربون يسبب أضراراً صحية.

### ٣-٣-١ أكاسيد النيتروجين (NO, NO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>)

تعرف أكاسيد النيتروجين (NO<sub>x</sub>) بالمجموع الكلي لكل من ثاني أكسيد النيتروجين (NO<sub>2</sub>) وأول أكسيد النيتروجين (NO). وتتكون هذه الأكاسيد كنتائج لجميع عمليات الاحتراق على درجات حرارة عالية التي يدخل فيها الهواء نتيجة لأكسدة النيتروجين الجوي بدرجات الحرارة العالية. وعلى الرغم من أن غاز أول أكسيد النيتروجين يكون الناتج الأساسي إلا أنه لا يعتبر ذو تأثير سيئ على صحة الإنسان.

غاز ثاني أكسيد النيتروجين (NO<sub>2</sub>) هو غاز بني يميل إلى الحمرة. ينطلق جزء من هذا الغاز نتيجة الاحتراق بينما تكون معظم تراكيزه في الهواء المحيط نتيجة أكسدة غاز أول أكسيد النيتروجين خلال العمليات المختلفة، مثلاً عن طريق الأوزون حيث ممكن أن يواصل الأكسدة للحصول على نواتج أشد تأكسداً مثل حامض النيتريك (HNO<sub>3</sub>) والذي يؤدي بالإضافة لحامض الكبريتيك الذي ينتج من تأكسد ثاني أكسيد الكبريت إلى ظاهرة المطر الحمضي.

إن التعرض لغاز ثاني أكسيد النيتروجين يؤدي إلى مهاجمته أنسجة الرئتين وطرق التنفس فهو يقلل من مقاومة الجسم للجراثيم بتراكيز منخفضة مما يؤدي إلى تهيج الرئتين والعينين. ولدى التعرض لتراكيز مرتفعة؛ يضعف هذا الغاز مقاومة الجسم للأمراض التنفسية مثل التهاب الرئتين. تظهر الأبحاث أن الأطفال هم المجموعة الأكثر حساسية لغاز ثاني أكسيد النيتروجين حيث يميلون أكثر من غيرهم للإصابة بمختلف الأمراض التنفسية. كما يعتبر المرضى الذين يصابون بالربو هم مجموعة حساسة بشكل خاص لهذا الغاز.

### ٤-٣-١ الجسيمات الدقيقة بقطر يقل عن أو يساوي ٢,٥ ميكرون (PM<sub>2.5</sub>)

هناك عدّة مصادر للجسيمات الدقيقة (PM<sub>2.5</sub>) في الهواء المحيط بالإضافة للمصادر الطبيعية، تنبعث هذه الجسيمات من وسائل النقل خاصة التي تعمل بالديزل والدخان المنبعث من مصادر الاحتراق المختلفة والحرائق واستخراج المعادن والبناء، إلخ. تظهر عادةً آثار التعرض لهذه الجسيمات من خلال السعال وإثارة القسبة الهوائية والعينين وحيث أن الجسيمات بهذا الحجم صغيرة بما فيه الكفاية لتتغلغل داخل الشعبات الدقيقة في الرئتين فإنها تعتبر الأخطر على الرئتين. يعتبر الأشخاص الذين يعانون من أمراض تنفسية معينة مزمنة مثل الربو هم الأكثر حساسية من التعرض لهذه الجسيمات.

### ٤-١ مواقع الرصد

تم اختيار مواقع الرصد لتكون معبرة عن المناطق السكنية الأقرب لمصادر التلوث من الصناعات المختلفة في المدن الصناعية في سحاب وإربد والكرك وتقع ما أمكن في مهب الرياح السائدة بعد مرورها بالمدينة الصناعية (downwind) وقد تم إنشاء كرفانات مهياة ومكيفة لأجهزة الرصد. وقد تم اختيار مواقع الرصد بحيث تغطي أهم التجمعات السكنية والتي تتعرض لمصادر تلوث الهواء المختلفة سواء كانت مصادر متحركة أو مصادر ثابتة. يبين الجدول رقم (١-٢) والخرائط في ملحق رقم (١) مواقع الرصد بالنسبة للمدن الصناعية. بينما يبين الجدول رقم (١-٣) والصور رقم ((١-١) - (٣-١)) وصفاً لمواقع الرصد. ومن الجدير بالذكر أنه تم أيضاً رصد سرعة واتجاه الرياح والرطوبة النسبية ودرجة الحرارة بشكل مستمر على مدار الساعة في جميع مواقع الرصد.

يوجد في مدينة عبدالله الثاني بن الحسين الصناعية/سحاب محطة لمعالجة مياه الصرف الصناعي ويوجد بالقرب منها العديد من منشآت الحجر. تم مراقبة نوعية الهواء في موقع واحد يقع شمال-شمال غرب المدينة الصناعية تم فيه رصد تركيز غازات أكاسيد النيتروجين وأول أكسيد الكربون وثاني أكسيد الكبريت والجسيمات الدقيقة بقطر

يقل عن أو يساوي ٢,٥ ميكرون. ويُقدر عدد سكان منطقة سحاب في محافظة عمان حتى نهاية عام ٢٠٢١ بـ ١٩٦٢٦٠.



الشكل رقم (١-١): موقع الرصد في سحاب

من المصادر الرئيسية لتلوث الهواء في مدينة الحسن الصناعية في إربد مختلف الصناعات الغذائية والصناعات الدوائية والدهانات وتصنيع الملابس إضافة إلى محطة معالجة مياه الصرف الصناعي. تم مراقبة نوعية الهواء في موقع واحد يقع إلى الشرق من المدينة الصناعية حيث تم رصد تركيز غازات أكاسيد النيتروجين وأول أكسيد الكربون وثاني أكسيد الكبريت والجسيمات الدقيقة بقطر يقل عن أو يساوي ٢,٥ ميكرون. ويُقدر عدد سكان محافظة إربد حتى نهاية عام ٢٠٢١ بـ ٢٠٥٠٣٠٠.



الشكل رقم (٢-١): موقع الرصد في إربد

<sup>٢</sup> عدد سكان المملكة المقدر حسب المحافظة والجنس في نهاية ٢٠٢١، دائرة الإحصاءات العامة

تعتبر صناعة الألبسة في المدينة الصناعية في الكرك من المصادر الرئيسية لتلوث الهواء المحيط بالملوثات الغازية الناتجة من احتراق الوقود والجسيمات الدقيقة الناتجة عن احتراق الوقود وعمليات الإنتاج. تم مراقبة نوعية الهواء في موقع واحد يقع جنوب شرق-شرق المدينة الصناعية تم فيه رصد الجسيمات الدقيقة بقطر يقل عن أو يساوي ٢,٥ ميكرون. ويُقدر عدد سكان محافظة الكرك حتى نهاية عام ٢٠٢١ بـ ٣٦٦٧٠٠.



الشكل رقم (٣-١): موقع الرصد في الكرك

جدول رقم (٢-١): مواقع رصد الملوثات في سحب وإربد والكرك بالنسبة للمدن الصناعية.

مواقع الرصد	الإحداثيات (UTM)	اتجاه موقع الرصد بالنسبة للمدينة الصناعية	الملوثات التي يتم رصدها
سحاب	216960.00 m E 3529809.00 m N	شمال-شمال غرب مدينة عبدالله الثاني بن الحسين الصناعية.	SO <sub>2</sub> , CO, NOx & PM <sub>2.5</sub>
إربد	221073.10 m E 3599651.06 m N	على الحدود الشرقية لمدينة الحسن الصناعية.	SO <sub>2</sub> , CO, NOx & PM <sub>2.5</sub>
الكرك	770694.00 m E 3456240.00 m N	على الحدود الجنوبية الشرقية - الشرقية لمدينة الحسين بن عبدالله الثاني الصناعية.	PM <sub>2.5</sub>

جدول رقم (٣-١): ملخص وصف مواقع رصد الملوثات في المدن الصناعية في سحب وإربد والكرك.

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)
سحاب	٧ ≈	٢٠ ≈	١٠ ≈	٥ >
إربد	٣ ≈	٥ ≈	٢ ≈	٥ >
الكرك	٣ ≈	١٥ ≈	٢ ≈	٢٠ >

<sup>٣</sup> عدد سكان المملكة المقدر حسب المحافظة والجنس في نهاية ٢٠٢١، دائرة الإحصاءات العامة

## ٥-١ أسلوب العمل وأجهزة القياس المستخدمة

يبين الجدول رقم (٤-١) الأجهزة المستخدمة في عملية الرصد ومبدأ عمل كل منها. تمّ رصد تراكيز ملوثات الهواء الغازية باستخدام أجهزة تحليل غازات أوتوماتيكية معتمدة من قبل وكالة حماية البيئة الأمريكية (US EPA)، حيث تأخذ عينات من الهواء المحيط بشكل متواصل، تحلل هذه العينات وتخزن نتائج التحليل على شكل معدلات ساعية لتركيز الغاز في الهواء المحيط. حيث تتم المعايرة الدورية للأجهزة باستخدام غاز معياري ذو تركيز محدد يقع ضمن مجال قياس الجهاز للتأكد من دقة عمل الأجهزة وتعديل استجابتها وصيانتها عند الضرورة. ويبين الجدول رقم (٥) في الملحق رقم (٢) نوع ودورية إجراء المعايرة المطلوبة.

بينما يتمّ رصد الجسيمات الدقيقة بقطر يقل عن أو يساوي ٢,٥ ميكرون باستخدام أجهزة أوتوماتيكية تعمل على مبدأ (Beta Attenuation) معتمدة من قبل وكالة حماية البيئة الأمريكية (US EPA) ومزودة بمداخل خاصة تعمل على فصل الدقائق التي يزيد قطرها عن ٢,٥ ميكرون.

كما تم تنفيذ الصيانة الوقائية والمعايرة لأجهزة القياس حسب الدورية المبينة في الجداول المرفقة في الملحق رقم (٢).

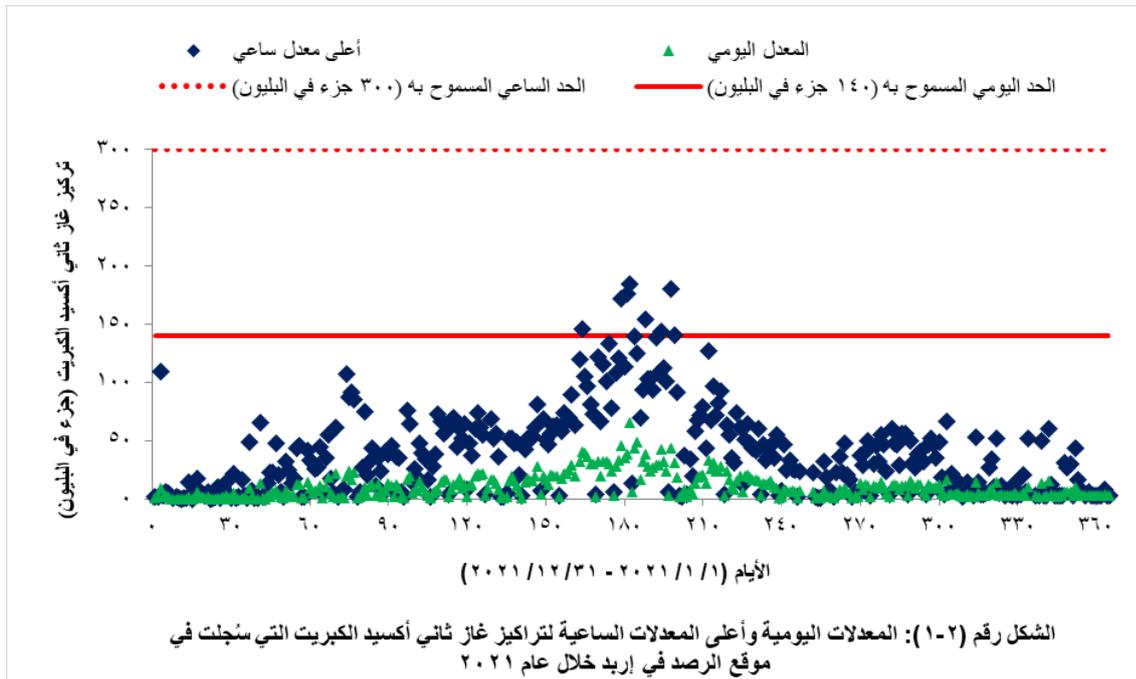
### جدول رقم (٤-١): الأجهزة المستخدمة في رصد نوعية الهواء المحيط في المدن الصناعية في سحاب وإربد والكرك.

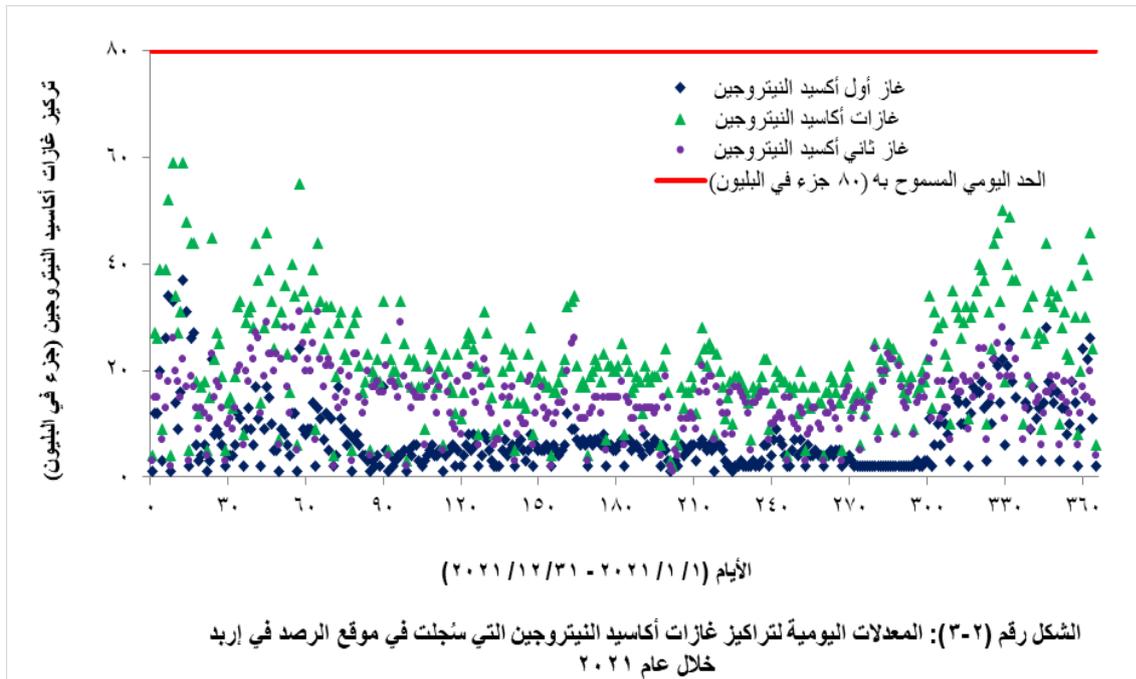
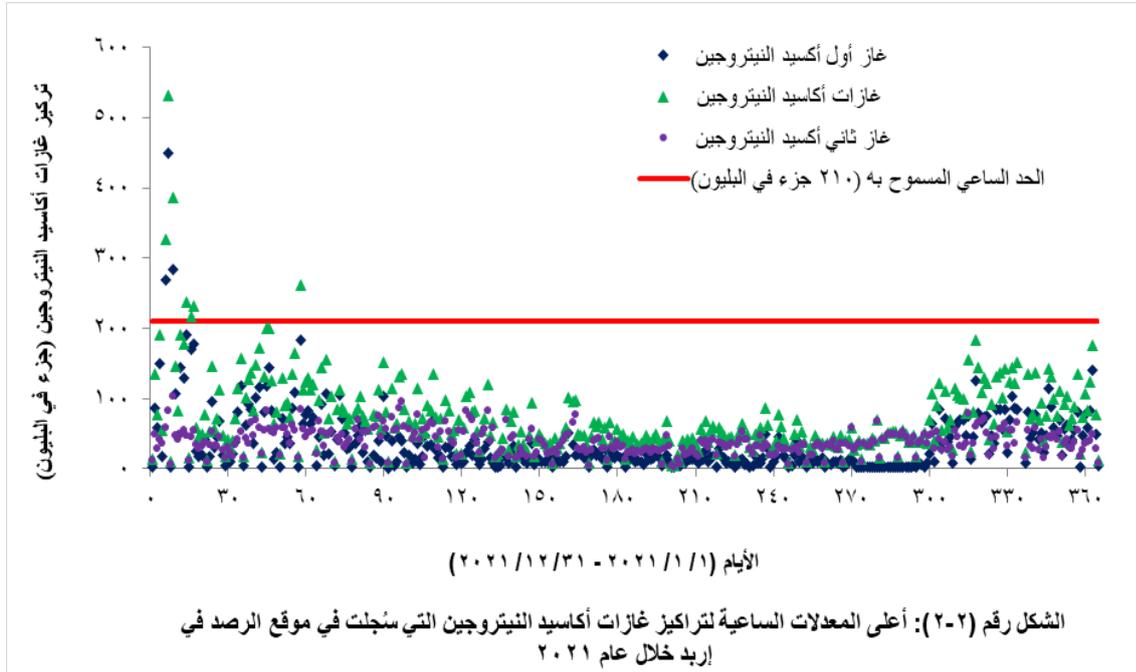
اسم الجهاز	مبدأ عمله	عمل الجهاز	الموقع
Sulfur Dioxide Analyzer	UV- Fluorescence	رصد غاز ثاني أكسيد الكبريت في الهواء المحيط بشكل متواصل	سحاب وإربد
Nitrogen Oxides (NO, NO <sub>2</sub> & NO <sub>x</sub> ) Analyzer	Chemiluminescence (NO, NO <sub>2</sub> & NO <sub>x</sub> )	رصد غازات أكاسيد النيتروجين (NO <sub>x</sub> , NO <sub>2</sub> & NO) في الهواء المحيط بشكل متواصل	سحاب وإربد
Carbon Monoxide (CO) Analyzer	Infrared	رصد غاز أول أكسيد الكربون (CO) في الهواء المحيط بشكل متواصل	سحاب وإربد
Particulate Matter (PM <sub>2.5</sub> ) Monitor	Beta-Attenuation	رصد الجسيمات الدقيقة (PM <sub>2.5</sub> ) في الهواء المحيط بشكل متواصل	سحاب وإربد والكرك
Weather station	-----	تسجيل سرعة واتجاه الرياح، ودرجة الحرارة والرطوبة النسبية للهواء المحيط إلكترونياً وبشكل متواصل	سحاب وإربد والكرك

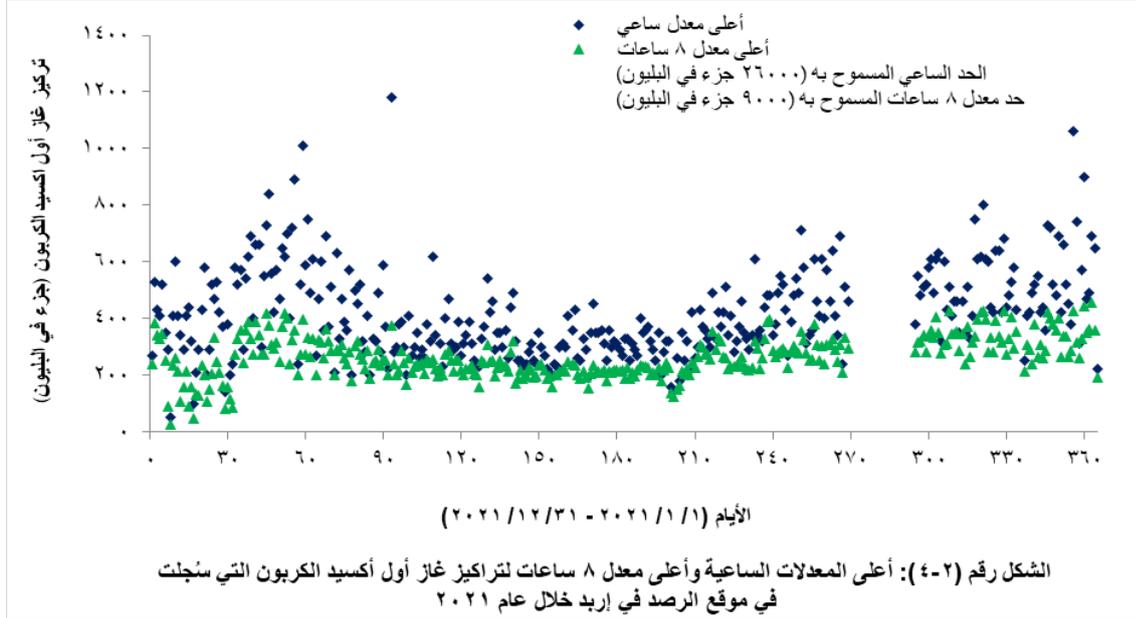
## ٢. نتائج الدراسة

### ١-٢ مدينة الحسن الصناعية/إربد

تم رصد غاز ثاني أكسيد الكبريت ( $SO_2$ ) وغازات أكاسيد النيتروجين ( $NO$ ,  $NOx$  &  $NO_2$ ) وغاز أول أكسيد الكربون ( $CO$ ) في موقع الرصد في إربد. وقد أظهرت نتائج الرصد خلال عام ٢٠٢١ أن مستويات الملوثات الغازية ( $SO_2$ ,  $NO_2$  &  $CO$ ) كانت ضمن الحدود المنصوص عليها في القاعدة الفنية الأردنية رقم ٢٠٠٦/١١٤٠ كما هو مبين في الأشكال من (١-٢) إلى (٤-٢).







ويظهر الجدول رقم (٢-١) أعلى المعدلات الساعية للملوثات الغازية التي تم رصدها في هذا الموقع، فقد بلغ أعلى معدل ساعي لغاز ثاني أكسيد الكبريت ١٨٤ جزء في البليون و ١٠٣ جزء في البليون لغاز ثاني أكسيد النيتروجين و ١١٨٠ جزء في البليون لغاز أول أكسيد الكربون، وبلغ أعلى معدل ٨-ساعات لغاز أول أكسيد الكربون ٤٥٥ جزء في البليون. كما يبين الجدول رقم (٢-٢) أن أعلى معدل يومي لغاز ثاني أكسيد الكبريت بلغ ٦٥ جزء في البليون والذي سجل بتاريخ ٢٠٢١/٧/١ في حين بلغ أعلى معدل يومي لغاز ثاني أكسيد النيتروجين ٣١ جزء في البليون والذي سجل بتاريخ ٢٠٢١/٣/٦.

كما تم رصد الجسيمات ( $PM_{2.5}$ ) في موقع الرصد في إربد خلال عام ٢٠٢١ وقد تم تسجيل ٦ تجاوزات يومية للحد المنصوص عليه في القاعدة الفنية الأردنية رقم ٢٠٠٦/١١٤٠. وقد بلغ أعلى معدل يومي ١٨٧ ميكروغرام/م<sup>٣</sup> والذي سُجل بتاريخ ٢٠٢١/٣/٢٣.

جدول رقم (٢-١): أعلى المعدلات الساعية للملوثات الغازية في موقع الرصد في إربد خلال عام ٢٠٢١.

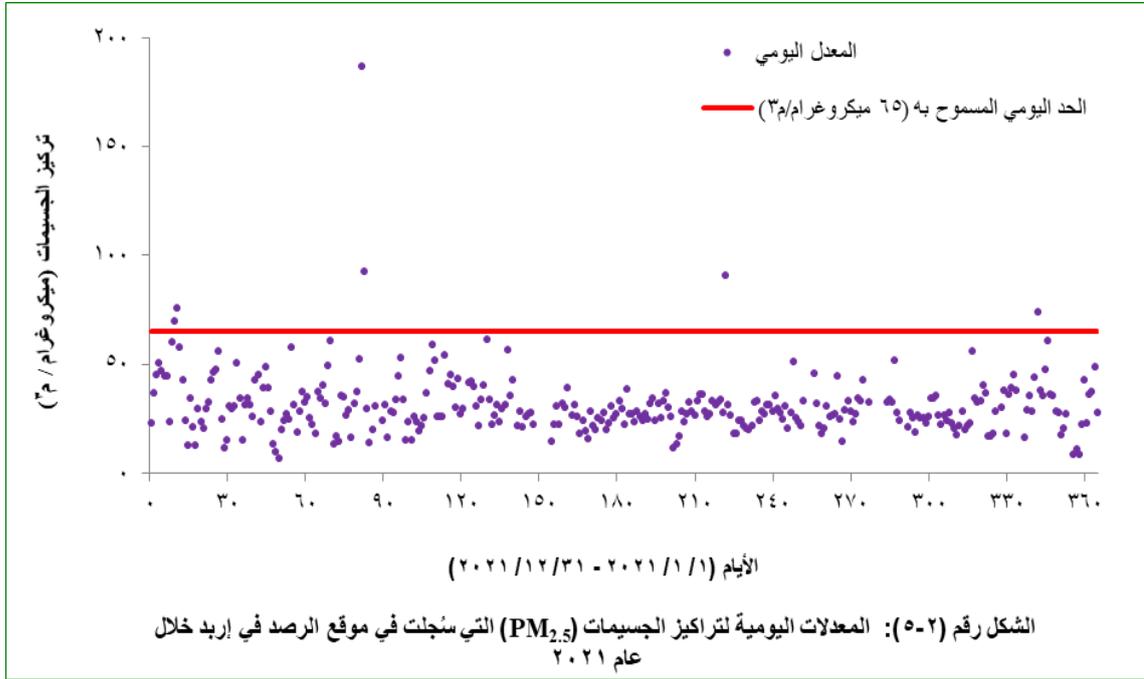
الغاز	أعلى معدل ساعي (جزء في البليون)	وقت وتاريخ حدوث أعلى معدل ساعي	عدد تجاوزات المعدلات الساعية لحد المواصفة	النسبة لتجاوزات المعدلات الساعية (%)	المنوية المعدلات
غاز ثاني أكسيد الكبريت	١٨٤	١٩:٠٠ ٢٠٢١/٧/١	صفر	صفر	
غاز ثاني أكسيد النيتروجين	١٠٣	١٧:٠٠ ٢٠٢١/١/٩	صفر	صفر	
غاز أول أكسيد النيتروجين	٤٤٩	١٧:٠٠ ٢٠٢١/١/٧	لا يوجد حد في المواصفات الوطنية		

الغاز	أعلى معدل ساعي (جزء في البليون)	وقت وتاريخ حدوث أعلى معدل ساعي	عدد تجاوزات المعدلات الساعية لحد المواصفة	النسبة لتجاوزات المعدلات الساعية (%)	المنوية المعدلات
غازات أكاسيد النيتروجين	٥٣١	١٧:٠٠ ٢٠٢١/١/٧			
الغاز	أعلى معدل ساعي (جزء في البليون)	وقت وتاريخ حدوث أعلى معدل ساعي	أعلى معدل ٨-ساعات (جزء في المليون)	وقت وتاريخ حدوث أعلى معدل ٨-ساعات	المنوية المعدلات
غاز أول أكسيد الكربون	١١٨٠	٧:٠٠ ٢٠٢١/٤/٣	٤٥٥	١٧:٠٠ - ٢٤:٠٠ ٢٠٢١/١٢/٢٩	

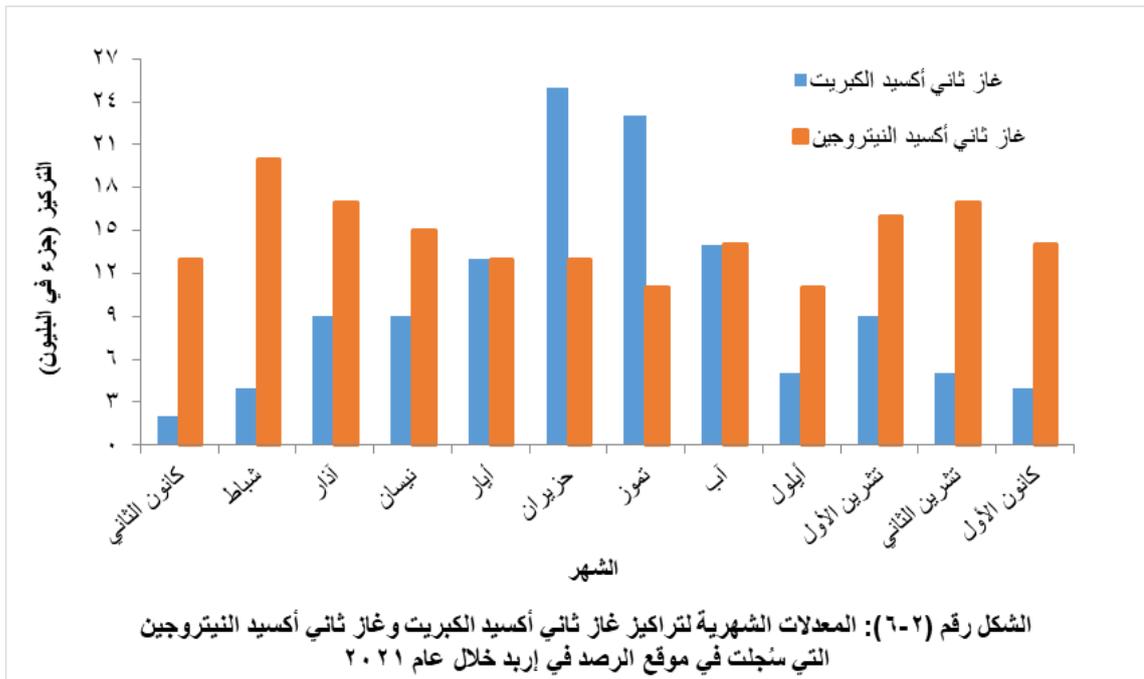
جدول رقم (٢-٢): أعلى المعدلات اليومية لغاز ثاني أكسيد الكبريت وغازات أكاسيد النيتروجين في موقع الرصد في إربد خلال عام ٢٠٢١.

الغاز	أعلى معدل يومي (جزء في البليون)	تاريخ حدوث أعلى معدل يومي	عدد تجاوزات المعدلات اليومية لحد المواصفة	النسبة لتجاوزات المعدلات اليومية (%)	المنوية المعدلات
غاز ثاني أكسيد الكبريت	٦٥	٢٠٢١/٧/١	صفر	صفر	
غاز ثاني أكسيد النيتروجين	٣١	٢٠٢١/٣/٦	صفر	صفر	
غاز أول أكسيد النيتروجين	٣٧	٢٠٢١/١/١٣	لا يوجد حد في المواصفات الوطنية		
غازات أكاسيد النيتروجين	٥٩	٢٠٢١/١/٩			

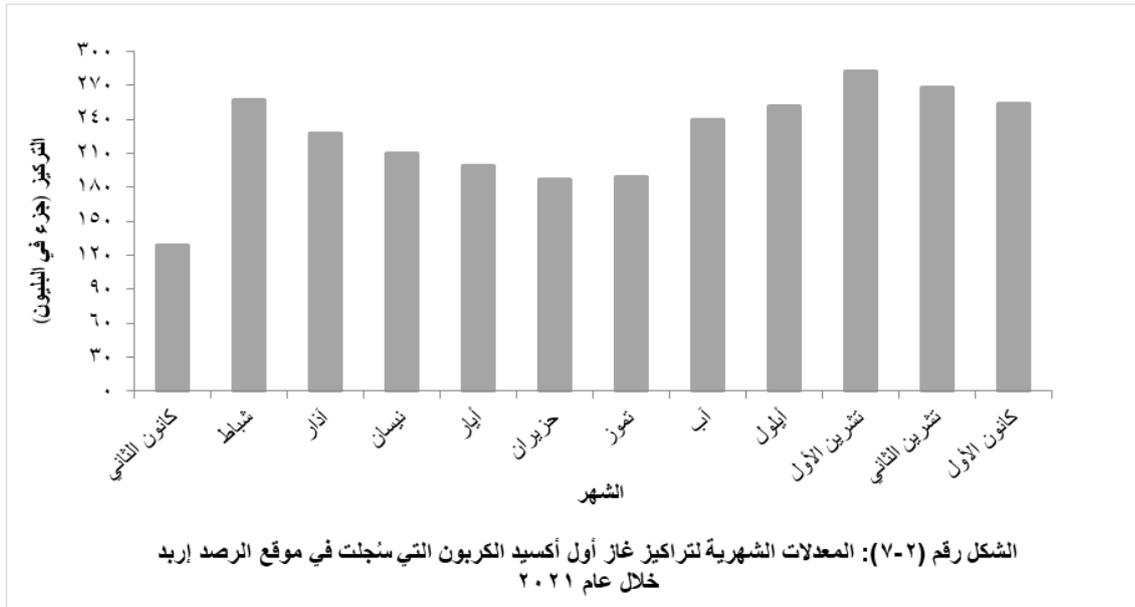
ويبين الشكل رقم (٢-٥) المعدلات اليومية لتراكيز الجسيمات الدقيقة العالقة في الهواء بقطر يقل عن أو يساوي ٢,٥ ميكرون ( $PM_{2.5}$ ) في موقع الرصد في إربد. ويلاحظ أنه تم تسجيل ٦ تجاوزات للحد اليومي المنصوص عليه في القاعدة الفنية الأردنية رقم ٢٠٠٦/١١٤٠ خلال فترة الرصد (٢٠٢١/١/١ - ٢٠٢١/١٢/٣١). وقد بلغ أعلى معدل يومي للجسيمات الدقيقة  $PM_{2.5}$  ١٨٧ ميكروغرام/م<sup>٣</sup> بتاريخ ٢٠٢١/٣/٢٣.



يبين الشكل رقم (٦-٢) نتائج المعدلات الشهرية لغاز ثاني أكسيد الكبريت وغاز ثاني أكسيد النيتروجين في موقع الرصد في إربد. حيث بلغ أعلى معدل شهري لغاز ثاني أكسيد الكبريت في هذا الموقع ٢٥ جزء في البليون خلال شهر حزيران ٢٠٢١. بينما سُجل أعلى معدل شهري لغاز ثاني أكسيد النيتروجين والبالغ ٢٠ جزء في المليون في موقع الرصد في إربد خلال شهر شباط ٢٠٢١.

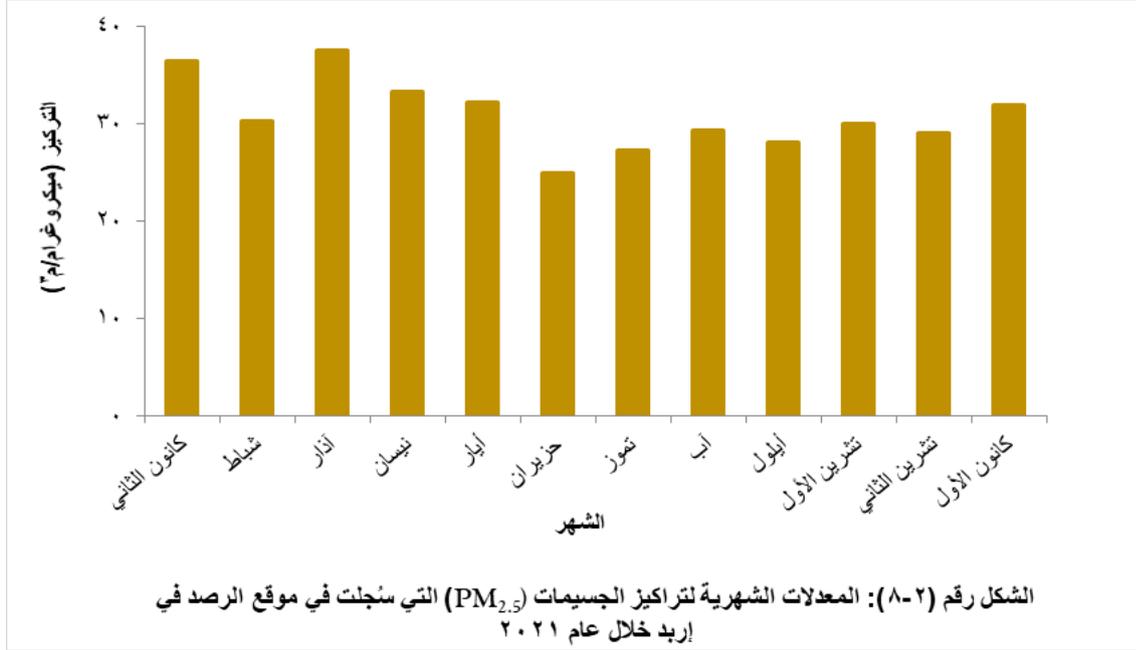


كما يبين الشكل رقم (٧-٢) أن أعلى معدل شهري لغاز أول أكسيد الكربون سُجل خلال شهر تشرين الثاني ٢٠٢١ في موقع الرصد في إربد حيث بلغت قيمته ٢٦٨ جزء في البليون. وبلغ المعدل الشهري خلال شهر تشرين الأول ٢٨٢ جزء في البليون، إلا أن نسبة الرصد خلال هذا الشهر كانت أقل من ٧٥%.



ملاحظة: انقطع الرصد لأكثر من ٢٥% خلال شهر تشرين الأول ٢٠٢١ بسبب مشكلة فنية في الجهاز ومع ذلك تم احتساب المعدل الشهري له لبيان نمط التغير بالمقارنة مع الأشهر الأخرى.

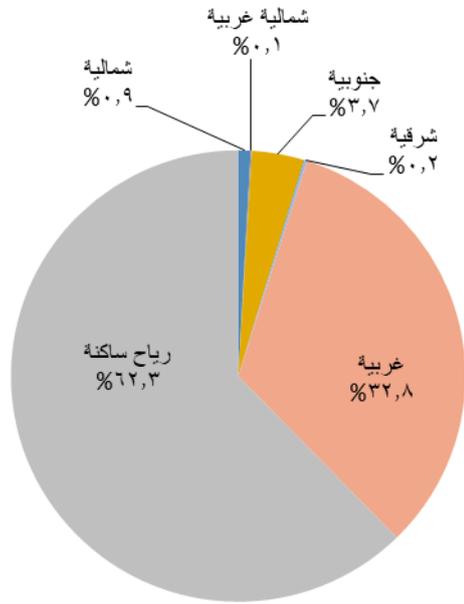
يبين الشكل رقم (٨-٢) أدناه المعدلات الشهرية لتركيز الجسيمات الدقيقة العالقة في الهواء ( $PM_{2.5}$ ) في موقع الرصد في إربد. حيث يلاحظ أن أعلى معدل شهري لتركيز الجسيمات الدقيقة بلغ ٣٨ ميكروغرام/م<sup>٣</sup> خلال شهر آذار ٢٠٢١.



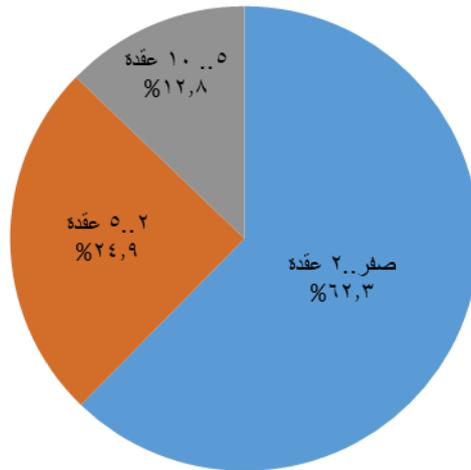
ملاحظة: انقطع الرصد لأكثر من ٢٥% خلال شهر تشرين الأول ٢٠٢١ بسبب مشكلة فنية في الجهاز ومع ذلك تم احتساب المعدل الشهري له لبيان نمط التغير بالمقارنة مع الأشهر الأخرى.

وكانت المعدلات السنوية للملوثات الغازية التي تم رصدها في هذا الموقع خلال عام ٢٠٢١ ضمن الحدود المنصوص عليها في القاعدة الفنية الأردنية رقم ٢٠٠٦/١١٤٠ والمبينة في الجدول رقم (١-١)، حيث بلغ المعدل السنوي لغاز ثاني أكسيد الكبريت ١٠ جزء في البليون و ١٤ جزء في البليون لغاز ثاني أكسيد النيتروجين. كما بلغ المعدل السنوي لغاز أول أكسيد الكربون ٢٢١ جزء في البليون، علماً بأنه لا يوجد حد سنوي منصوص عليه في القاعدة الفنية الأردنية رقم ٢٠٠٦/١١٤٠ لغاز أول أكسيد الكربون. في حين تجاوز المعدل السنوي للجسيمات (PM<sub>2.5</sub>) والبالغ ٣١ ميكروغرام/م<sup>٣</sup> الحد المنصوص عليه في القاعدة الفنية والبالغ ١٥ ميكروغرام/م<sup>٣</sup>.

تبين الأشكال (٢-٩) و (٢-١٠) نتائج رصد سرعة واتجاه الرياح في موقع الرصد في إربد خلال عام ٢٠٢١، حيث أظهرت هذه الأشكال أن الرياح السائدة في موقع الرصد كانت الرياح الساكنة حيث تواجدت بنسبة ٦٢,٣% تلتها الرياح الغربية بنسبة ٣٢,٨%.

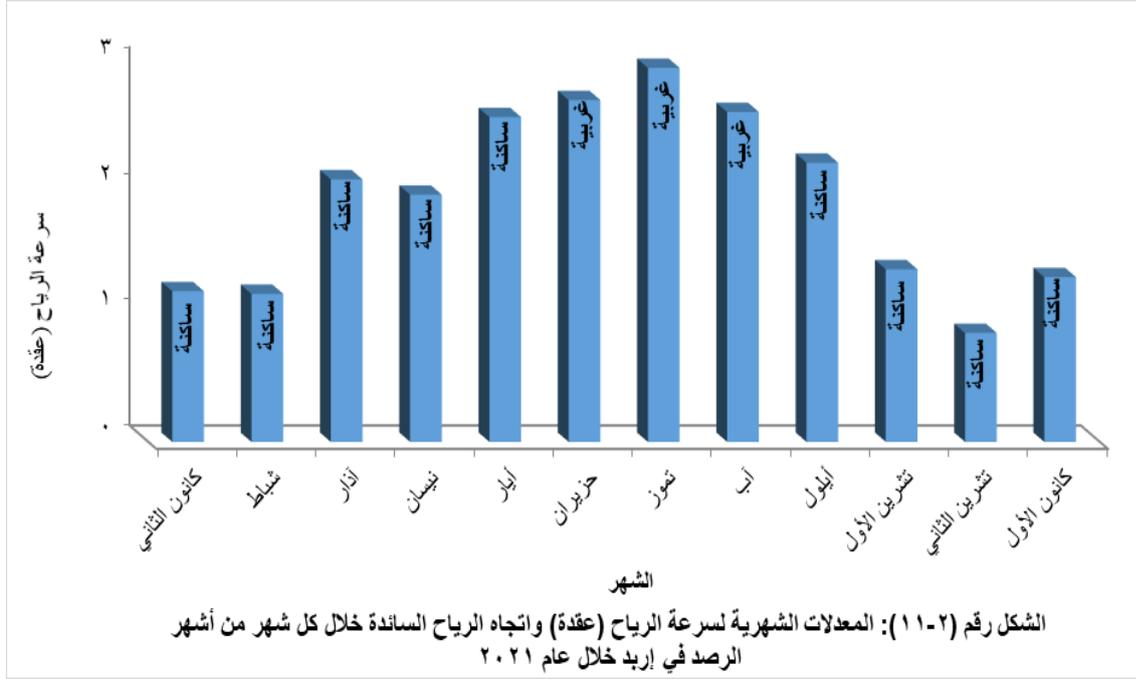


الشكل رقم (٩-٢): توزيع اتجاه الرياح في موقع الرصد في إربد خلال عام ٢٠٢١

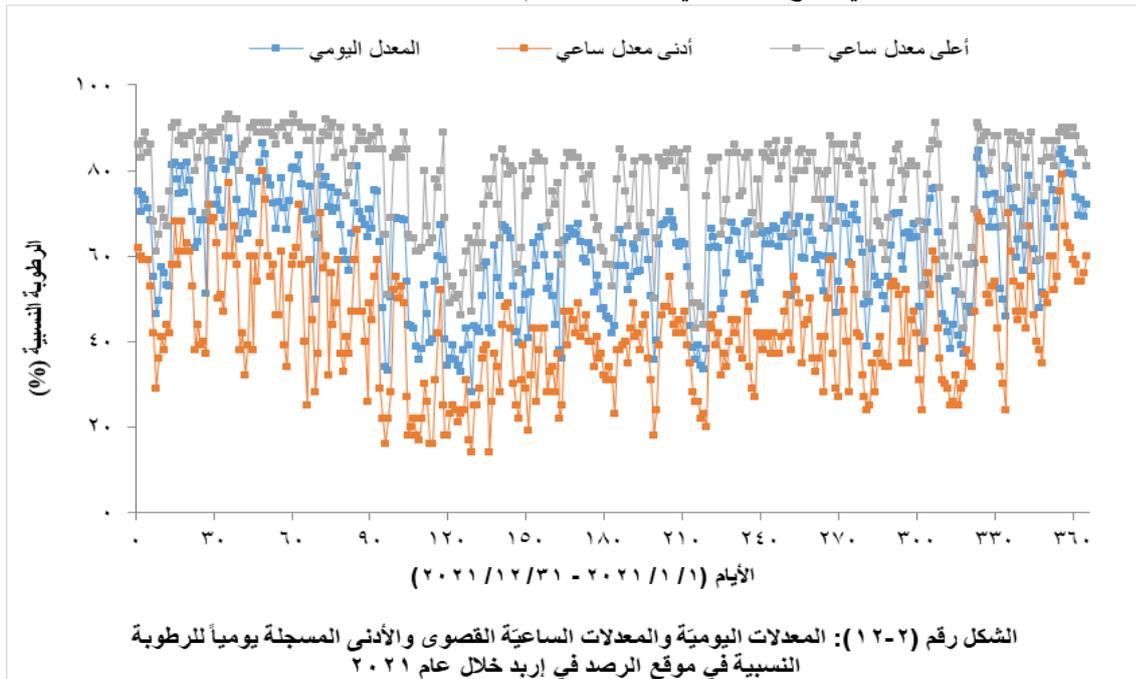


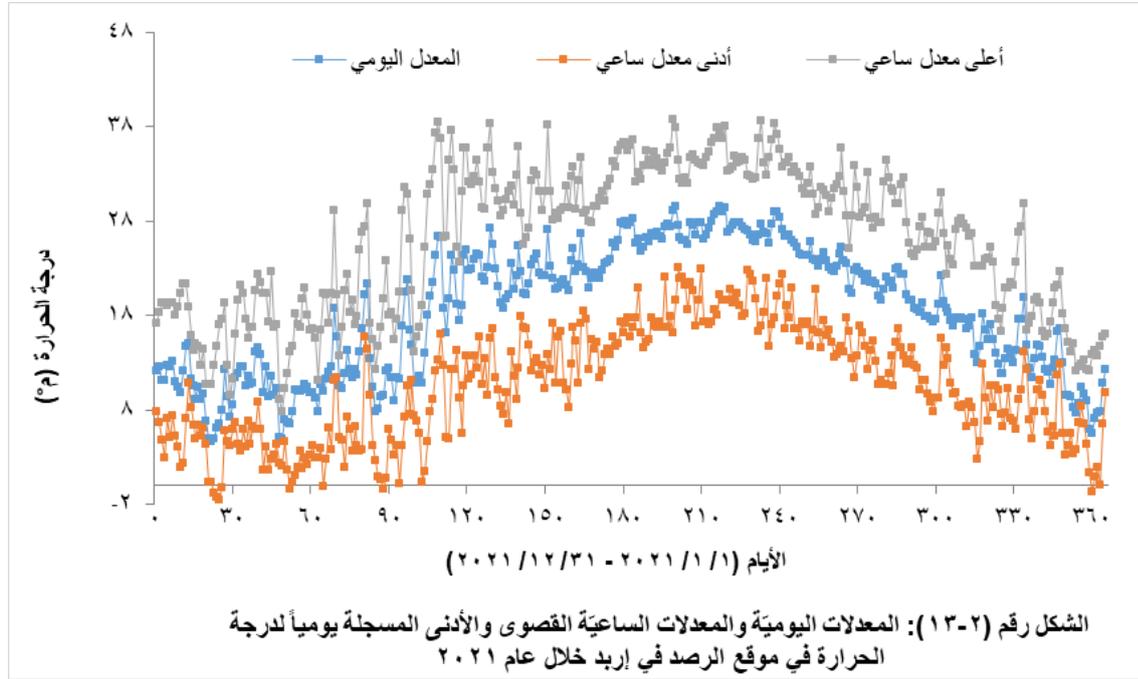
الشكل رقم (١٠-٢): توزيع سرعة الرياح (عقدة) في موقع الرصد في إربد خلال عام ٢٠٢١

ويبين الشكل رقم (٢-١١) اتجاه الرياح السائدة والمعدل الشهري لسرعة الرياح لكل شهر من أشهر الرصد في موقع الرصد. حيث يلاحظ أن الرياح السائدة كانت سائدة خلال معظم الأشهر.



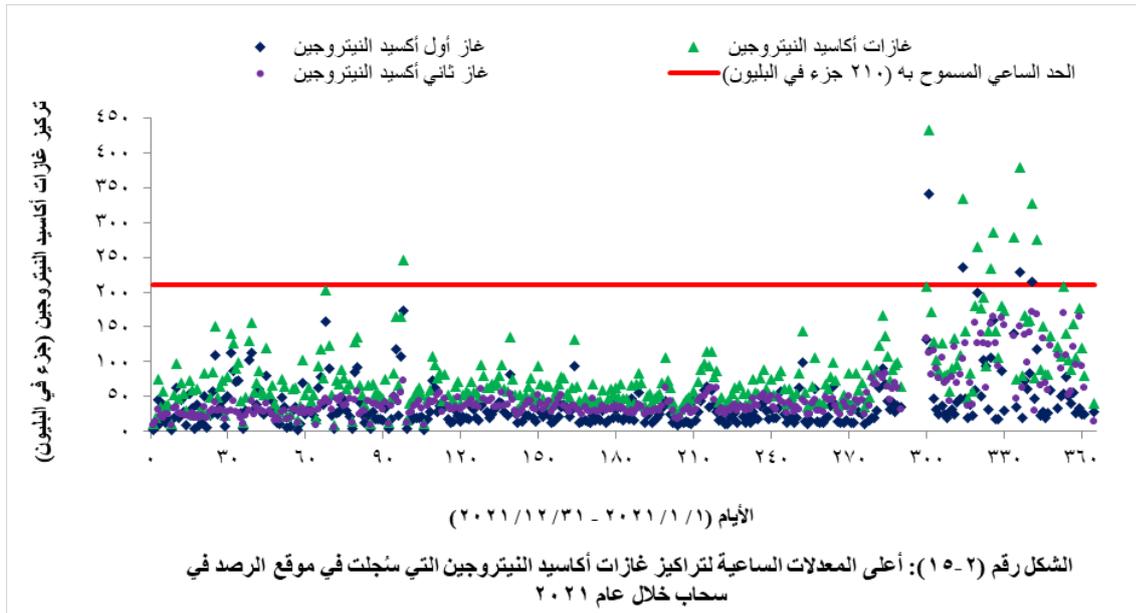
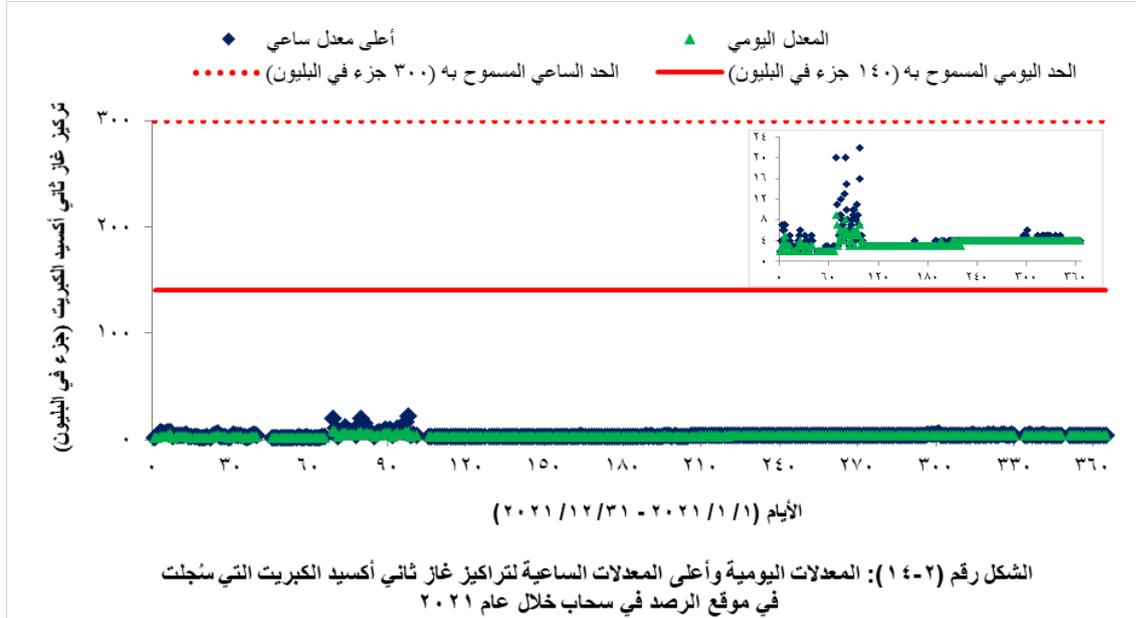
يظهر الشكلان رقم (٢-١٢) و (٢-١٣) المعدلات اليومية وأعلى وأدنى المعدلات الساعية للرطوبة النسبية ودرجة الحرارة المسجلة يومياً في موقع الرصد في إربد خلال عام ٢٠٢١.

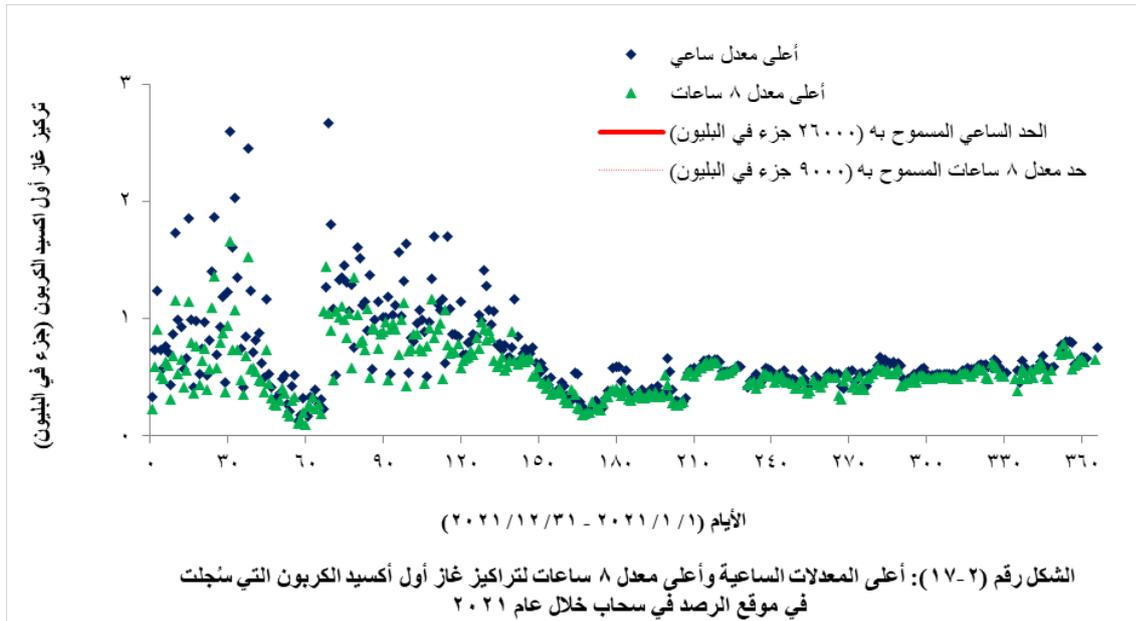
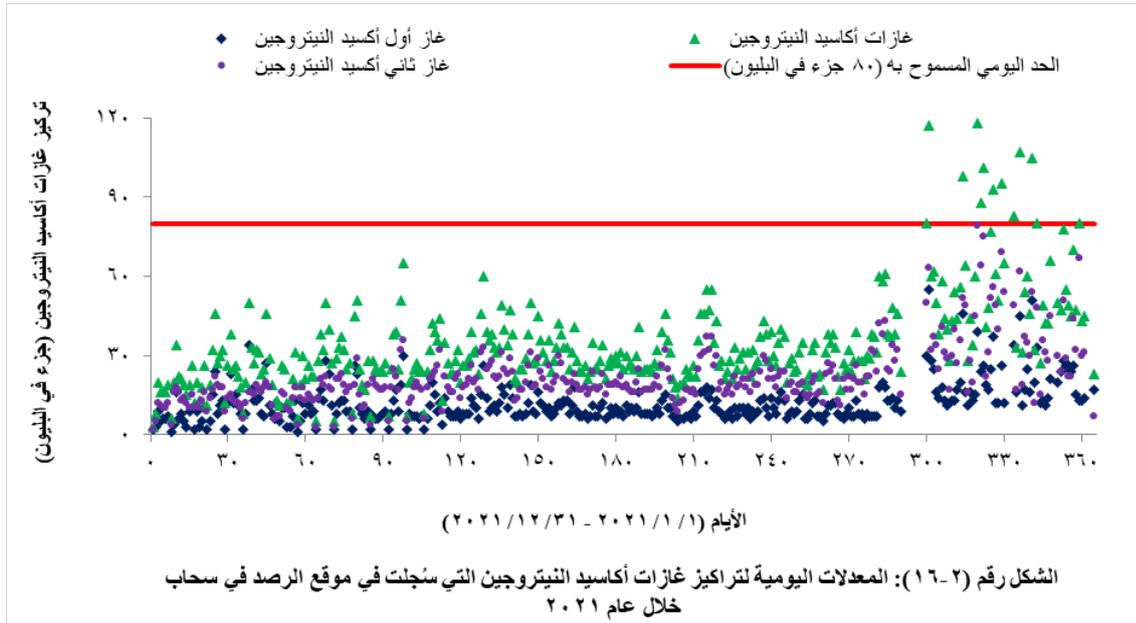




## ٢-٢ مدينة عبدالله الثاني بن الحسين الصناعية/عمّان – سحب

تم رصد غاز ثاني أكسيد الكبريت ( $SO_2$ ) وغازات أكاسيد النيتروجين ( $NO$ ,  $NO_x$  &  $NO_2$ ) وغاز أول أكسيد الكربون ( $CO$ ) والجسيمات بقطر يقل عن أو يساوي  $2,5$  ميكرون في موقع الرصد في سحب. وقد أظهرت نتائج الرصد خلال عام ٢٠٢١ أن مستويات الملوثات الغازية ( $SO_2$ ,  $NO_2$  &  $CO$ ) كانت ضمن الحدود المنصوص عليها في القاعدة الفنية الأردنية رقم ٢٠٠٦/١١٤٠ كما هو مبين في الأشكال من (٢-١٤) إلى (٢-١٧).





ويظهر الجدول رقم (٢-٣) أعلى المعدلات الساعية للملوثات الغازية التي تم رصدها في موقع سحب، فقد بلغ أعلى معدل ساعي لغاز ثاني أكسيد الكبريت ٢٢ جزء في البليون و ١٧٢ جزء في البليون لغاز ثاني أكسيد النيتروجين و ٢٦٧٠ جزء في البليون لغاز أول أكسيد الكربون، وبلغ أعلى معدل ٨-ساعات لغاز أول أكسيد الكربون ١٦٥٩ جزء في البليون. كما يبين الجدول رقم (٢-٤) أن أعلى معدل يومي لغاز ثاني أكسيد الكبريت بلغ ٩ جزء في البليون والذي سُجل بتاريخ ٢٠٢١/٣/١٠ في حين بلغ أعلى معدل يومي لغاز ثاني أكسيد النيتروجين ٧٩ جزء في البليون والذي سُجل بتاريخ ٢٠٢١/١١/١٦.

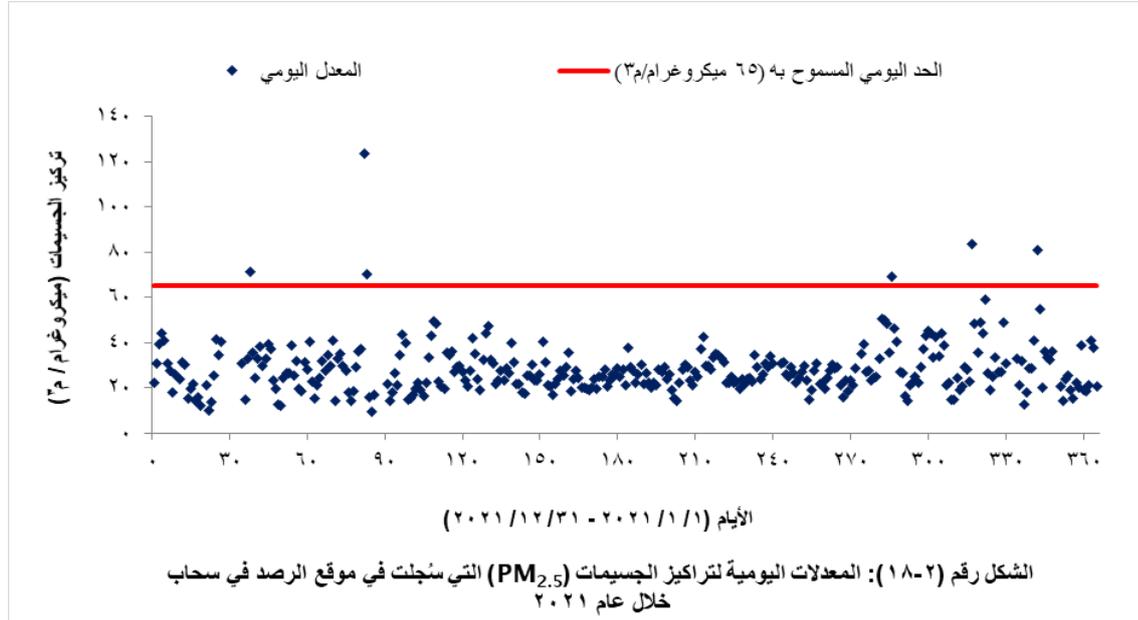
جدول رقم (٢-٣): أعلى المعدلات الساعية للملوثات الغازية في موقع الرصد في سحب خلال عام ٢٠٢١.

الغاز	أعلى معدل ساعي (جزء في البليون)	وقت وتاريخ حدوث أعلى معدل ساعي	عدد تجاوزات المعدلات الساعية لحد المواصفات	النسبة المئوية المنوية لتجاوزات المعدلات الساعية (%)
غاز ثاني أكسيد الكبريت	٢٢	٩:٠٠ ٢٠٢١/٤/٨	صفر	صفر
غاز ثاني أكسيد النيتروجين	١٧٢	١٧:٠٠ ٢٠٢١/١٢/٧	صفر	صفر
غاز أول أكسيد النيتروجين	٣٤١	٩:٠٠ ٢٠٢١/١٠/٢٨	لا يوجد حد في المواصفات الوطنية	
غازات أكاسيد النيتروجين	٤٣٣	٨:٠٠ ٢٠٢١/١٠/٢٨		
الغاز	أعلى معدل ساعي (جزء في البليون)	وقت وتاريخ حدوث أعلى معدل ساعي	أعلى معدل ٨-ساعات (جزء في البليون)	فترة وتاريخ حدوث أعلى معدل ٨-ساعات
غاز أول أكسيد الكربون	٢٦٧٠	٢١:٠٠ ٢٠٢١/٣/٩	١٦٥٩	٢٤:٠٠ - ١٧:٠٠ ٢٠٢١/١/٣١

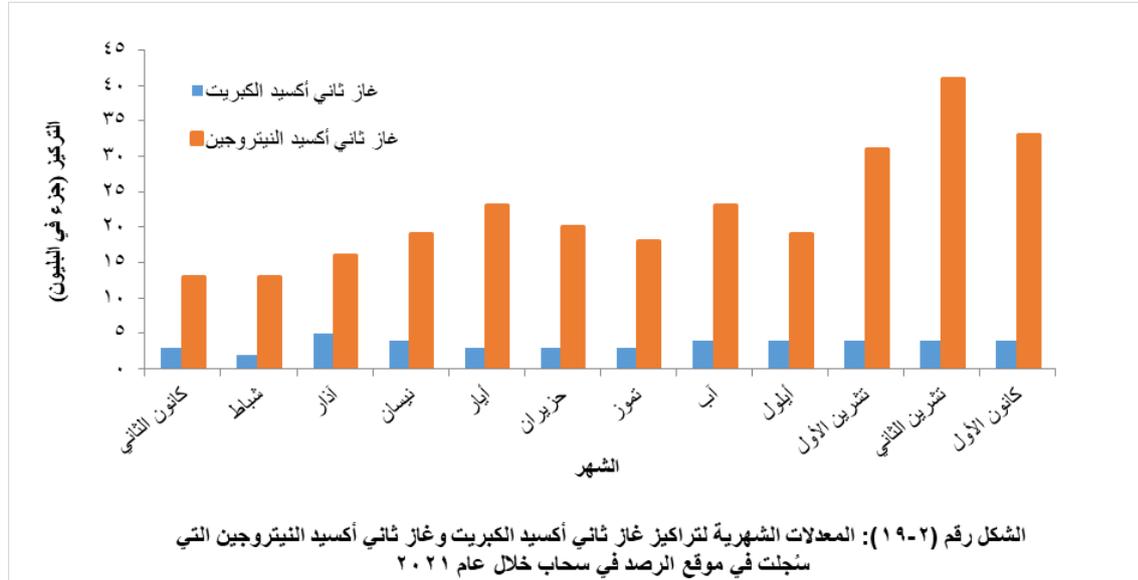
جدول رقم (٢-٤): أعلى المعدلات اليومية لغاز ثاني أكسيد الكبريت وغازات أكاسيد النيتروجين في موقع الرصد في سحب خلال عام ٢٠٢١.

الغاز	أعلى معدل يومي (جزء في البليون)	تاريخ حدوث أعلى معدل يومي	عدد تجاوزات المعدلات اليومية لحد المواصفات	النسبة المئوية المنوية لتجاوزات المعدلات اليومية (%)
غاز ثاني أكسيد الكبريت	٩	٢٠٢١/٣/١٠	صفر	صفر
غاز ثاني أكسيد النيتروجين	٧٩	٢٠٢١/١١/١٦	صفر	صفر
غاز أول أكسيد النيتروجين	٥٥	٢٠٢١/١٠/٢٨	لا يوجد حد في المواصفات الوطنية	
غازات أكاسيد النيتروجين	١١٨	٢٠٢١/١١/١٦		

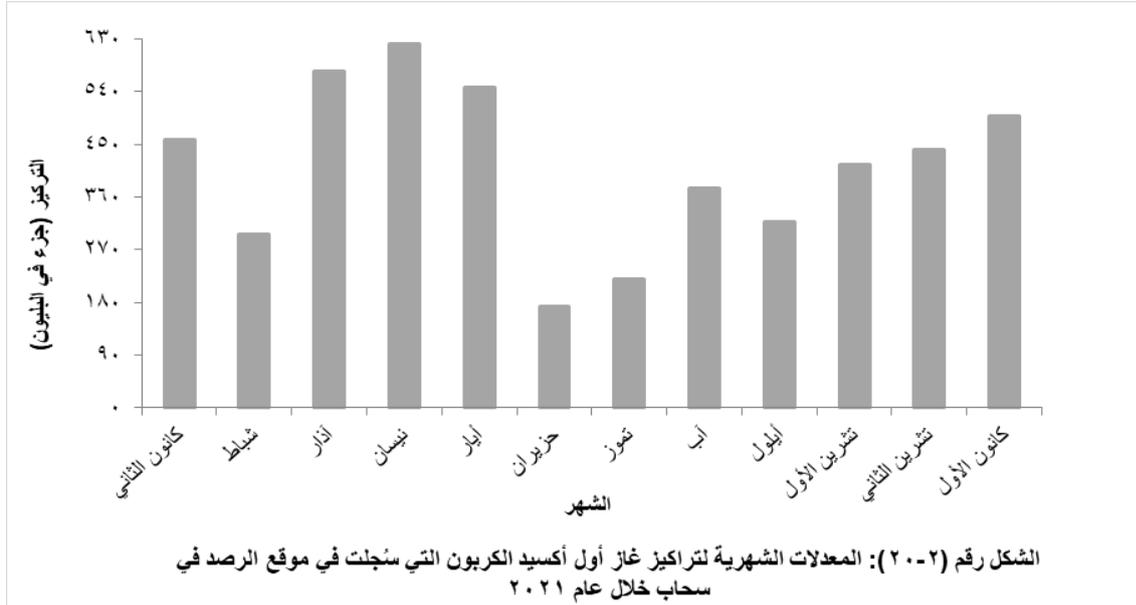
ويبين الشكل رقم (٢-١٨) المعدلات اليومية لتراكيز الجسيمات الدقيقة العالقة في الهواء بقطر يقل عن أو يساوي ٢,٥ ميكرون ( $PM_{2.5}$ ) في موقع الرصد في سحب. ويلاحظ أنه تم تسجيل ٦ تجاوزات للحد اليومي المنصوص عليه في القاعدة الفنية الأردنية رقم ٢٠٠٦/١١٤٠ للجسيمات الدقيقة  $PM_{2.5}$  خلال فترة الرصد (٢٠٢١/١/١) - (٢٠٢١/١٢/٣١). وبلغ أعلى معدل يومي للجسيمات الدقيقة  $PM_{2.5}$  ١٢٤ ميكروغرام/م<sup>٣</sup> بتاريخ ٢٠٢١/٣/٢٣.



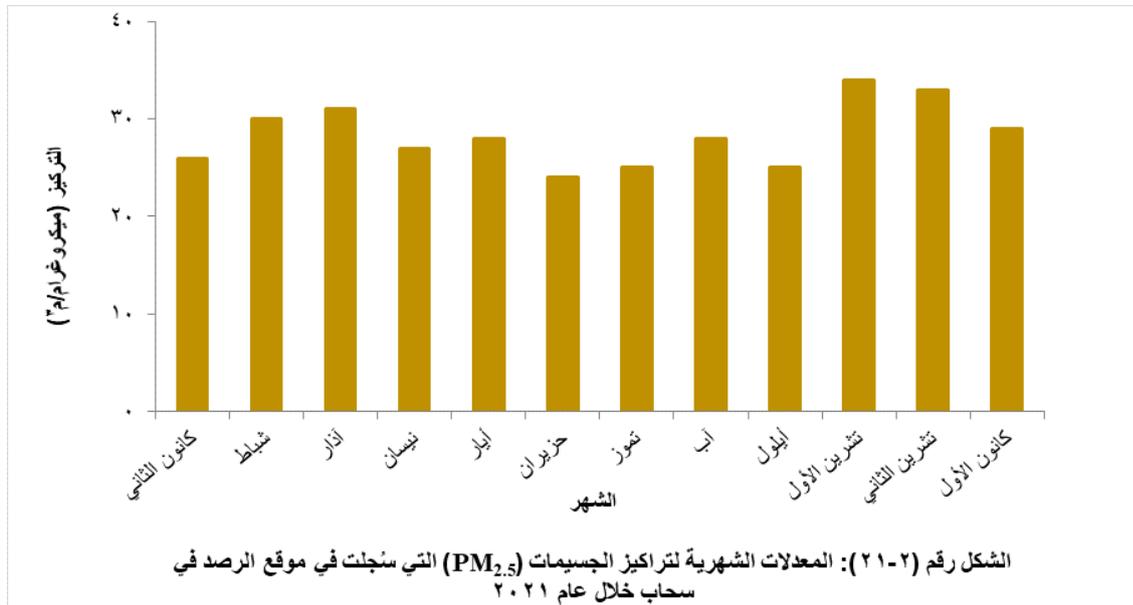
يبين الشكل رقم (٢-١٩) نتائج المعدلات الشهرية لغاز ثاني أكسيد الكبريت وغاز ثاني أكسيد النيتروجين في موقع الرصد في سحب. حيث كانت المعدلات الشهرية لغاز ثاني أكسيد الكبريت في هذا الموقع منخفضة ومتقاربة خلال كامل فترة الرصد وسُجل أعلى معدل شهري خلال شهر آذار ٢٠٢١ حيث بلغ ٥ جزء في البليون. فيما بلغ أعلى معدل شهري لغاز ثاني أكسيد النيتروجين في موقع الرصد في سحب ٤١ جزء في البليون والذي سُجل خلال شهر تشرين الثاني ٢٠٢١.



ويبين الشكل رقم (٢-٢٠) أن أعلى معدل شهري لغاز أول أكسيد الكربون سُجل خلال شهر نيسان ٢٠٢١ حيث بلغت قيمته ٦٢٢ جزء في البليون.



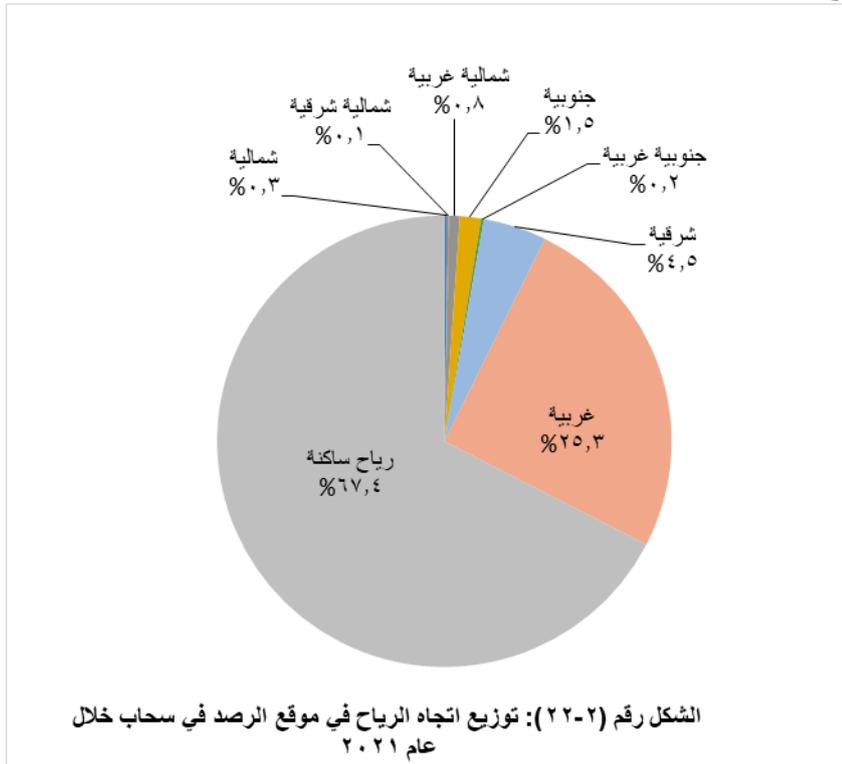
يبين الشكل رقم (٢١-٢) أدناه المعدلات الشهرية لتركيز الجسيمات الدقيقة العالقة في الهواء ( $PM_{2.5}$ ) في موقع الرصد في سحاب. حيث يلاحظ أن أعلى معدل شهري لتركيز الجسيمات الدقيقة بلغ ٣٤ ميكروغرام/م<sup>٣</sup> خلال شهر تشرين الأول ٢٠٢١.

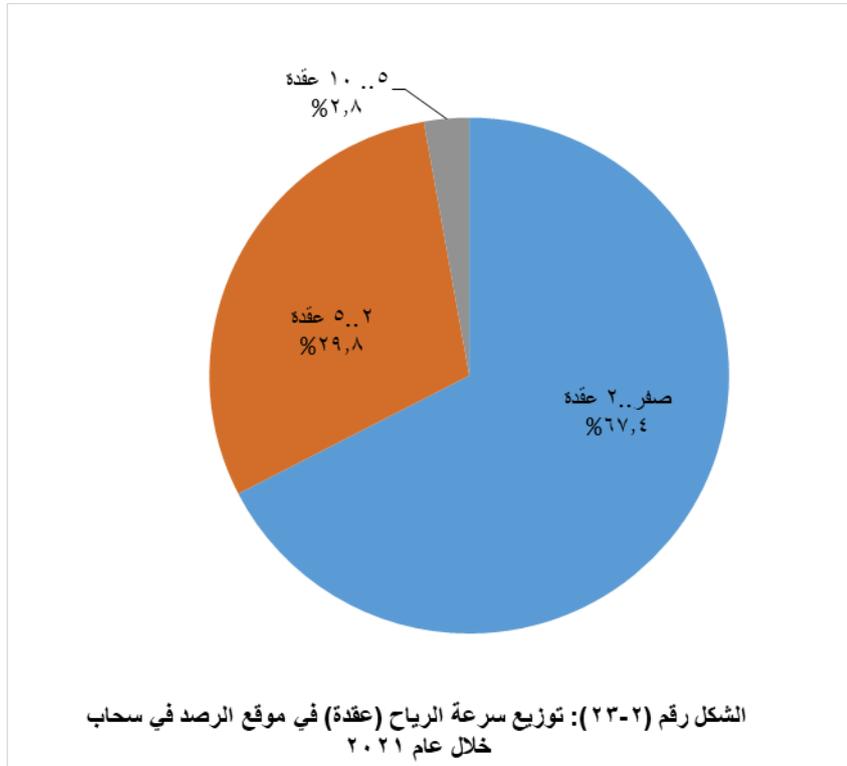


كانت المعدلات السنوية للملوثات الغازية في موقع الرصد في سحاب خلال عام ٢٠٢١ ضمن الحدود المنصوص عليها في القاعدة الفنية الأردنية، حيث بلغ المعدل السنوي لغاز ثاني أكسيد الكبريت ٤ جزء في البليون و ٢٢ جزء في البليون لغاز ثاني أكسيد النيتروجين. في حين تجاوز المعدل السنوي للجسيمات ( $PM_{2.5}$ ) والبالغ ٢٨ ميكروغرام/م<sup>٣</sup> الحد المنصوص عليه في القاعدة الفنية والبالغ ١٥ ميكروغرام/م<sup>٣</sup>. كما بلغ المعدل السنوي لغاز

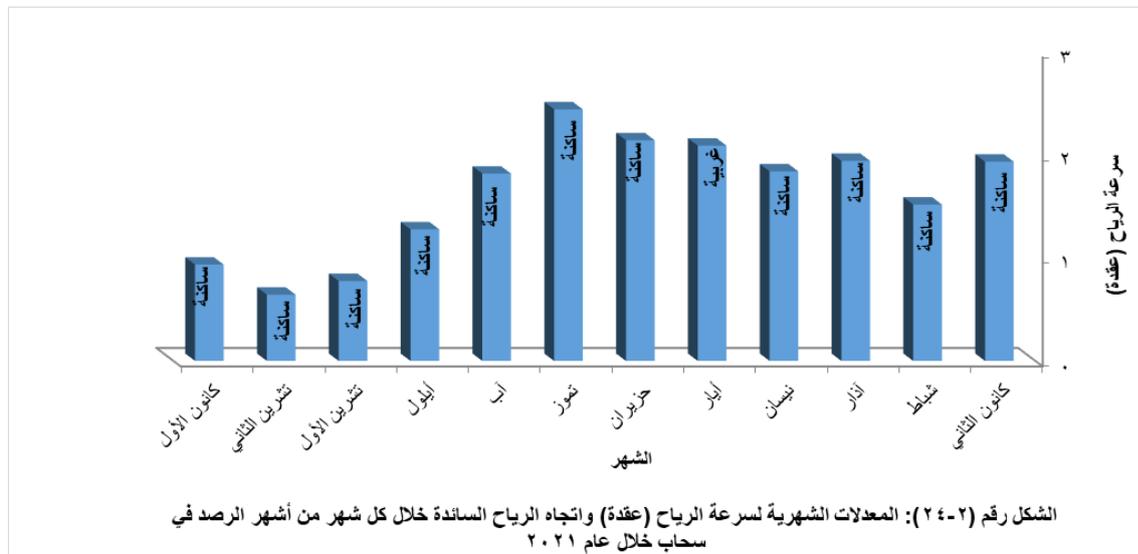
أول أكسيد الكربون ٤١٢ جزء في المليون، علماً بأنه لا يوجد حد سنوي منصوص عليه في القاعدة الفنية الأردنية رقم ٢٠٠٦/١١٤٠ لغاز أول أكسيد الكربون.

تبين الأشكال (٢٢-٢) و (٢٣-٢) نتائج رصد سرعة واتجاه الرياح في موقع الرصد في سحب خلال عام ٢٠٢١، حيث أظهرت هذه الأشكال أن الرياح السائدة في موقع الرصد كانت الرياح الساكنة حيث تواجدت بنسبة ٦٧,٤% تلتها الرياح الغربية بنسبة ٢٥,٣%.

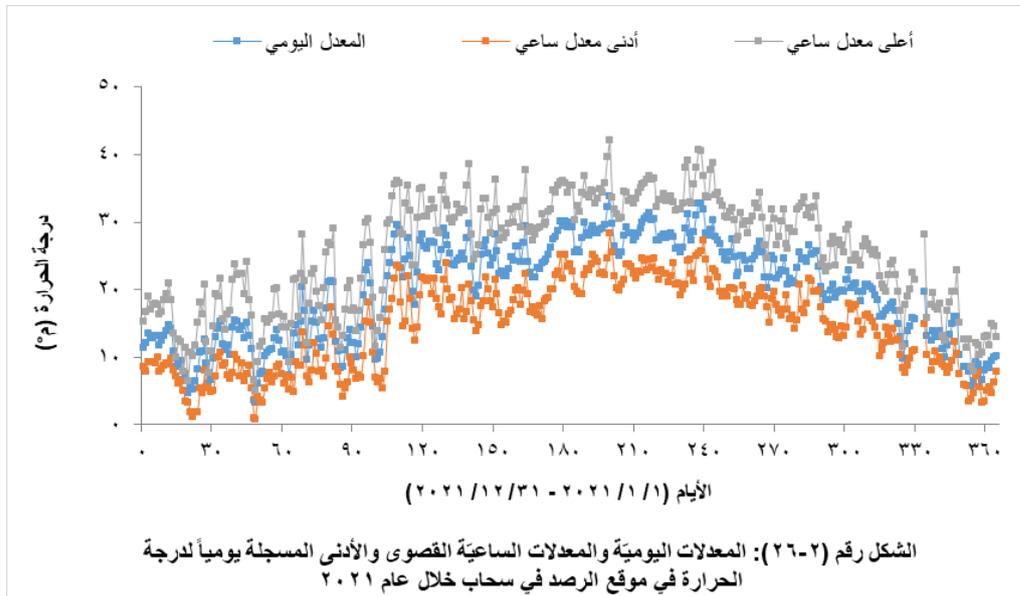
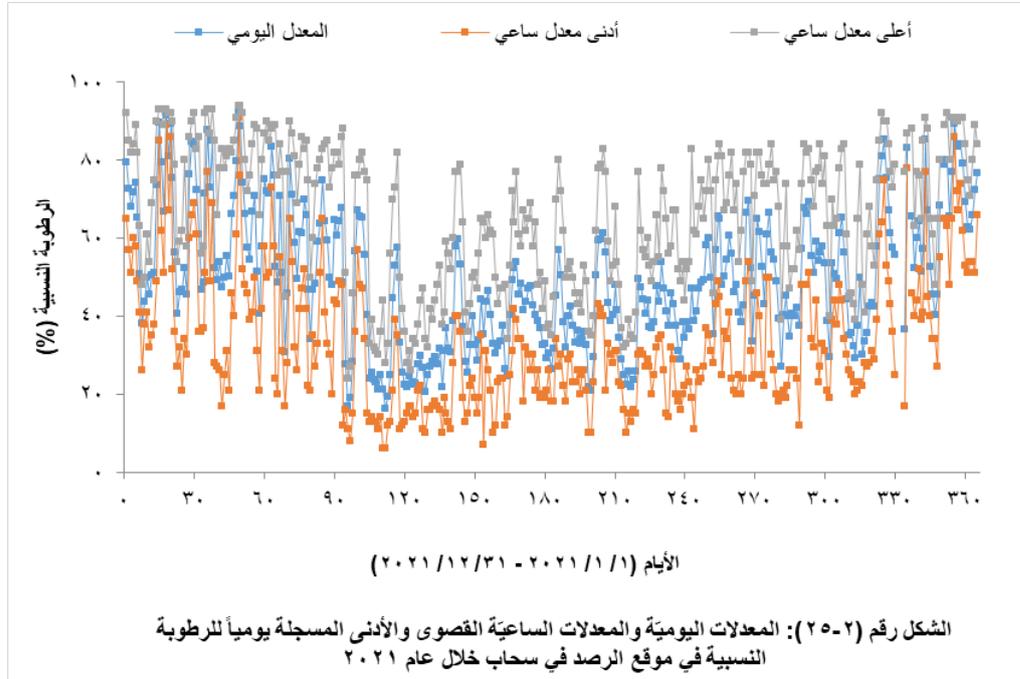




ويبين الشكل رقم (٢-٢٤) اتجاه الرياح السائدة والمعدل الشهري لسرعة الرياح لكل شهر من أشهر الرصد في موقع الرصد في سحاب، حيث يلاحظ أن الرياح الساكنة كانت سائدة خلال معظم أشهر الرصد.



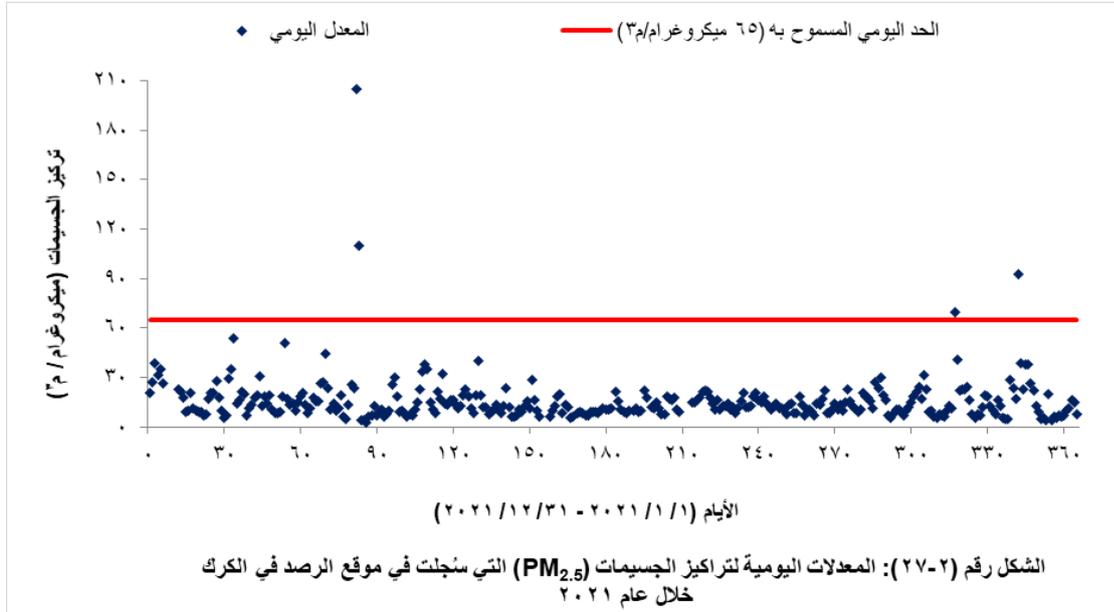
يظهر الشكلان رقم (٢-٢٥) و (٢-٢٦) المعدلات اليومية وأعلى وأدنى المعدلات الساعية للرطوبة النسبية ودرجة الحرارة المسجلة يوميًا في موقع الرصد في سحاب خلال عام ٢٠٢١.



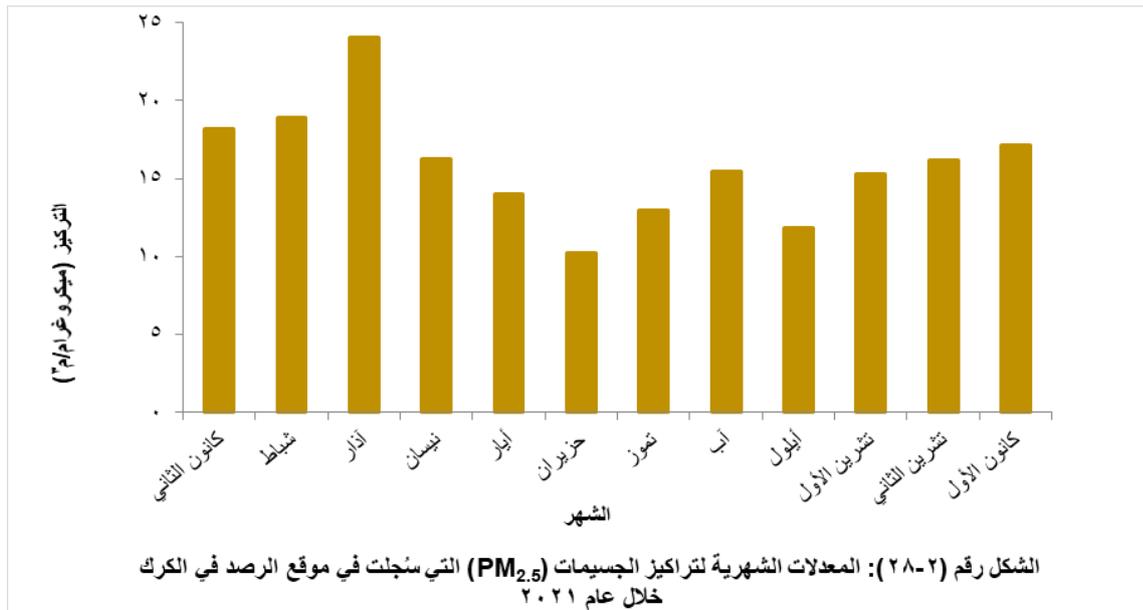
### ٣-٢ مدينة الحسين بن عبدالله الثاني الصناعية/الكرك

تم رصد مستويات الجسيمات الدقيقة العالقة في الهواء بقطر يقل عن أو يساوي ٢,٥ ميكرون ( $PM_{2.5}$ ) في موقع الرصد في الكرك خلال عام ٢٠٢١. ويبين الشكل رقم (٢٧-٢) أدناه أن مستويات الجسيمات في موقع الرصد تجاوزت الحدود اليومية والسبوعية المنصوص عليها في القاعدة الفنية الأردنية رقم ٢٠٠٦/١١٤٠، حيث تم

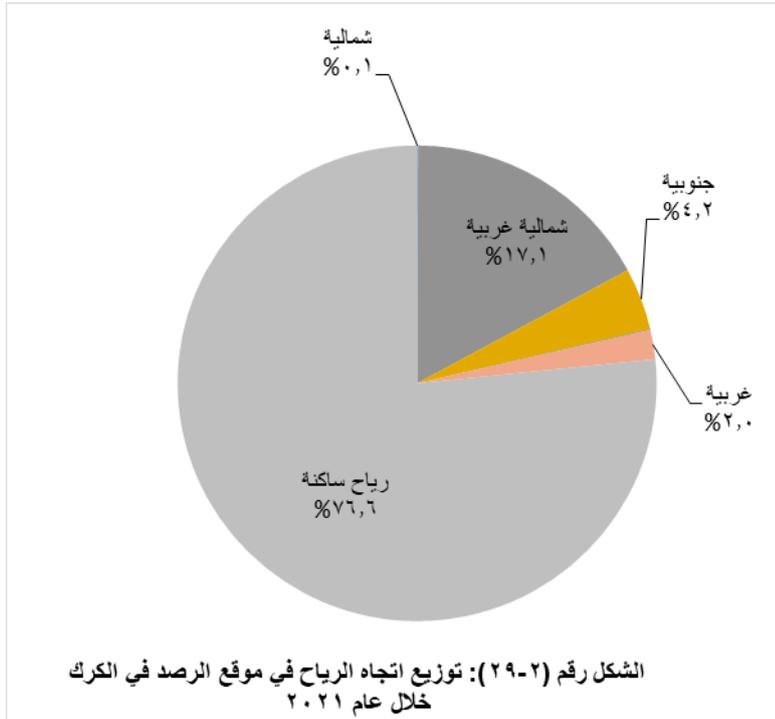
تسجيل ٤ تجاوزات يومية في هذا الموقع. وبلغ أعلى معدل يومي للجسيمات الدقيقة  $PM_{2.5}$  ٢٠٥ ميكروغرام/م<sup>٣</sup> بتاريخ ٢٠٢١/٣/٢٣

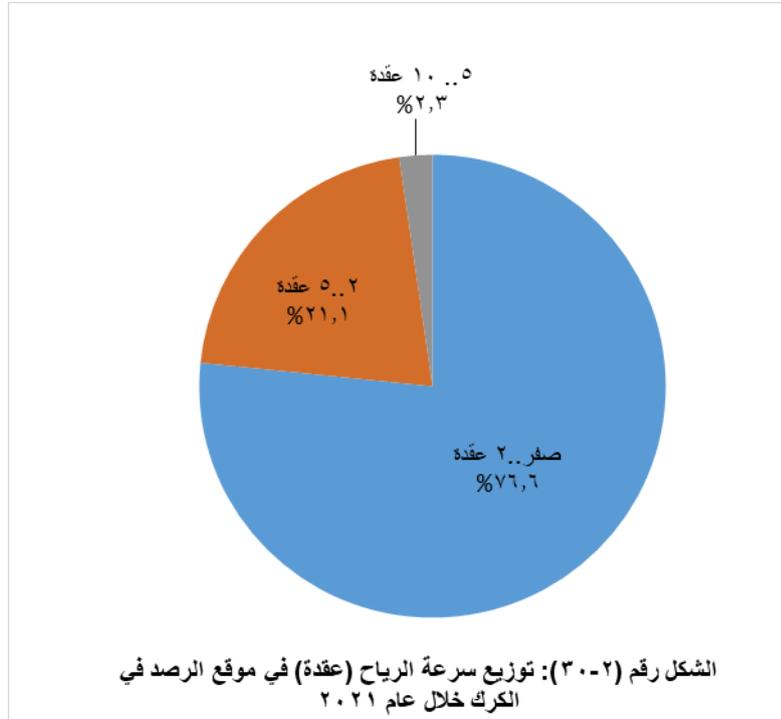


يبين الشكل رقم (٢٨-٢) أدناه المعدلات الشهرية لتركيز الجسيمات الدقيقة العالقة في الهواء ( $PM_{2.5}$ ) في موقع الرصد في الكرك. حيث يلاحظ أن أعلى معدل شهري لتركيز الجسيمات الدقيقة بلغ ٢٤ ميكروغرام/م<sup>٣</sup> لشهر آذار ٢٠٢١. وتجاوز المعدل السنوي للجسيمات ( $PM_{2.5}$ ) والبالغ ١٦ ميكروغرام/م<sup>٣</sup> الحد المنصوص عليه في القاعدة الفنية والبالغ ١٥ ميكروغرام/م<sup>٣</sup>.

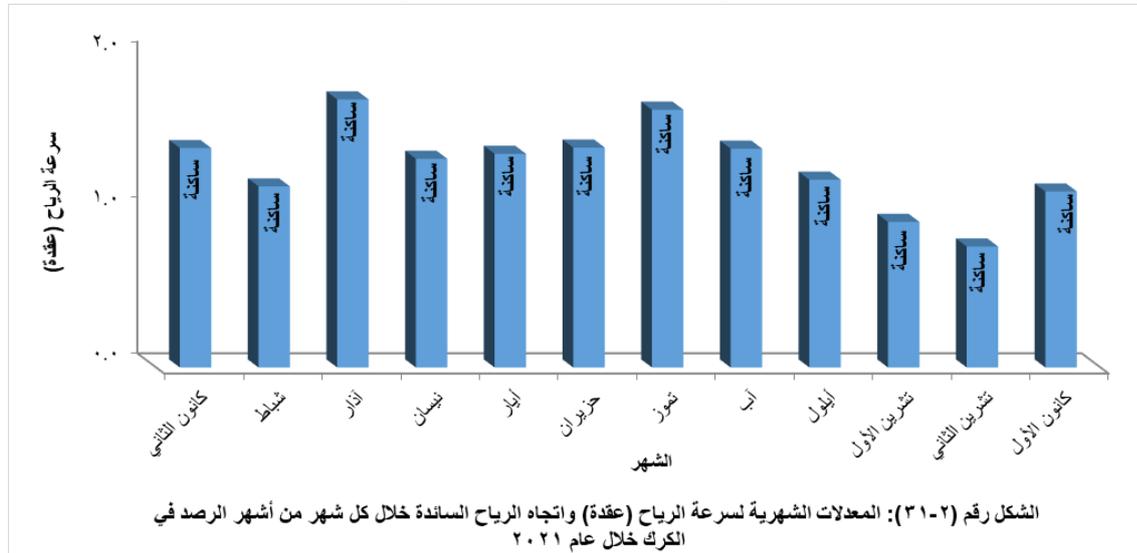


تبيّن الأشكال (٢٩-٢) و (٣٠-٢) نتائج رصد سرعة واتجاه الرياح في موقع الرصد في الكرك خلال عام ٢٠٢١، حيث أظهرت هذه الأشكال أن الرياح السائدة في موقع الرصد كانت الرياح الساكنة حيث تواجدت بنسبة ٧٦,٦% تلتها الرياح الشمالية الغربية بنسبة ١٧,١%.

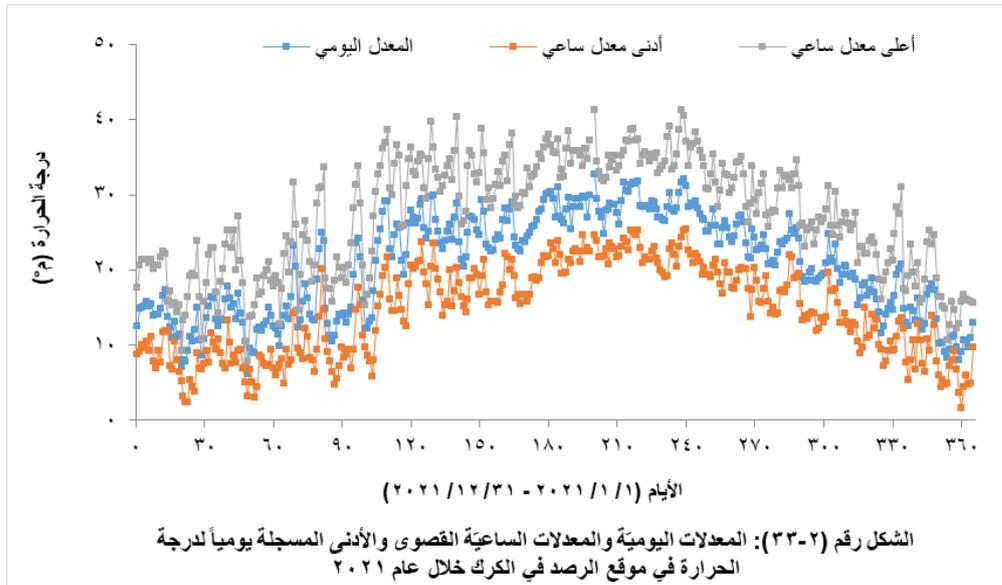
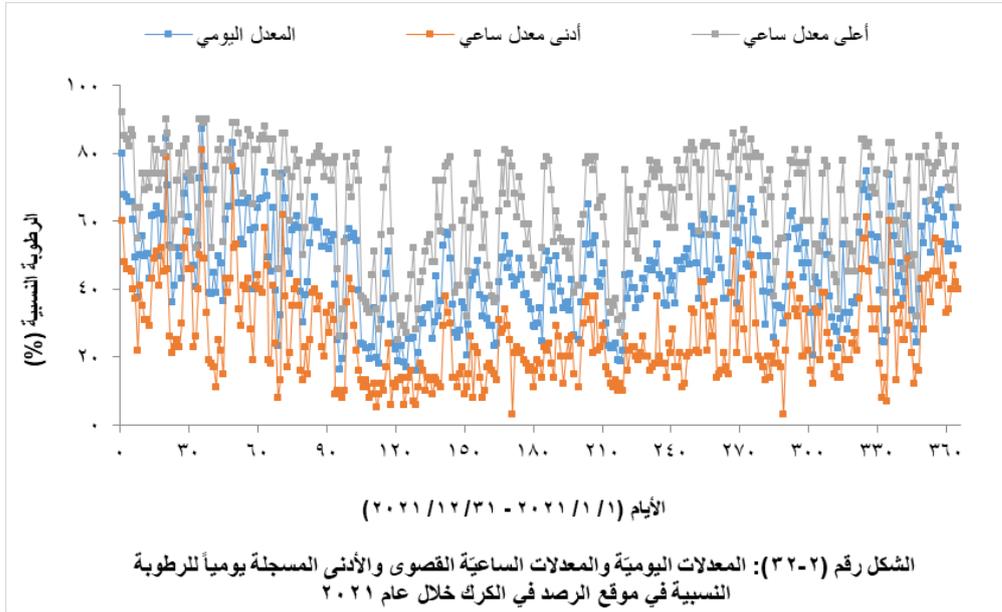




ويبين الشكل رقم (٢-٣١) اتجاه الرياح السائدة والمعدل الشهري لسرعة الرياح لكل شهر من أشهر الرصد في موقع الرصد في الكرك، حيث يلاحظ أن الرياح الساكنة كانت سائدة خلال جميع أشهر الرصد.



يظهر الشكلان رقم (٢-٣٢) و (٢-٣٣) المعدلات اليومية وأعلى وأدنى المعدلات الساعية للرطوبة النسبية ودرجة الحرارة المسجلة يومياً في موقع الرصد في الكرك خلال عام ٢٠٢١.



### ٣. مناقشة نتائج الدراسة

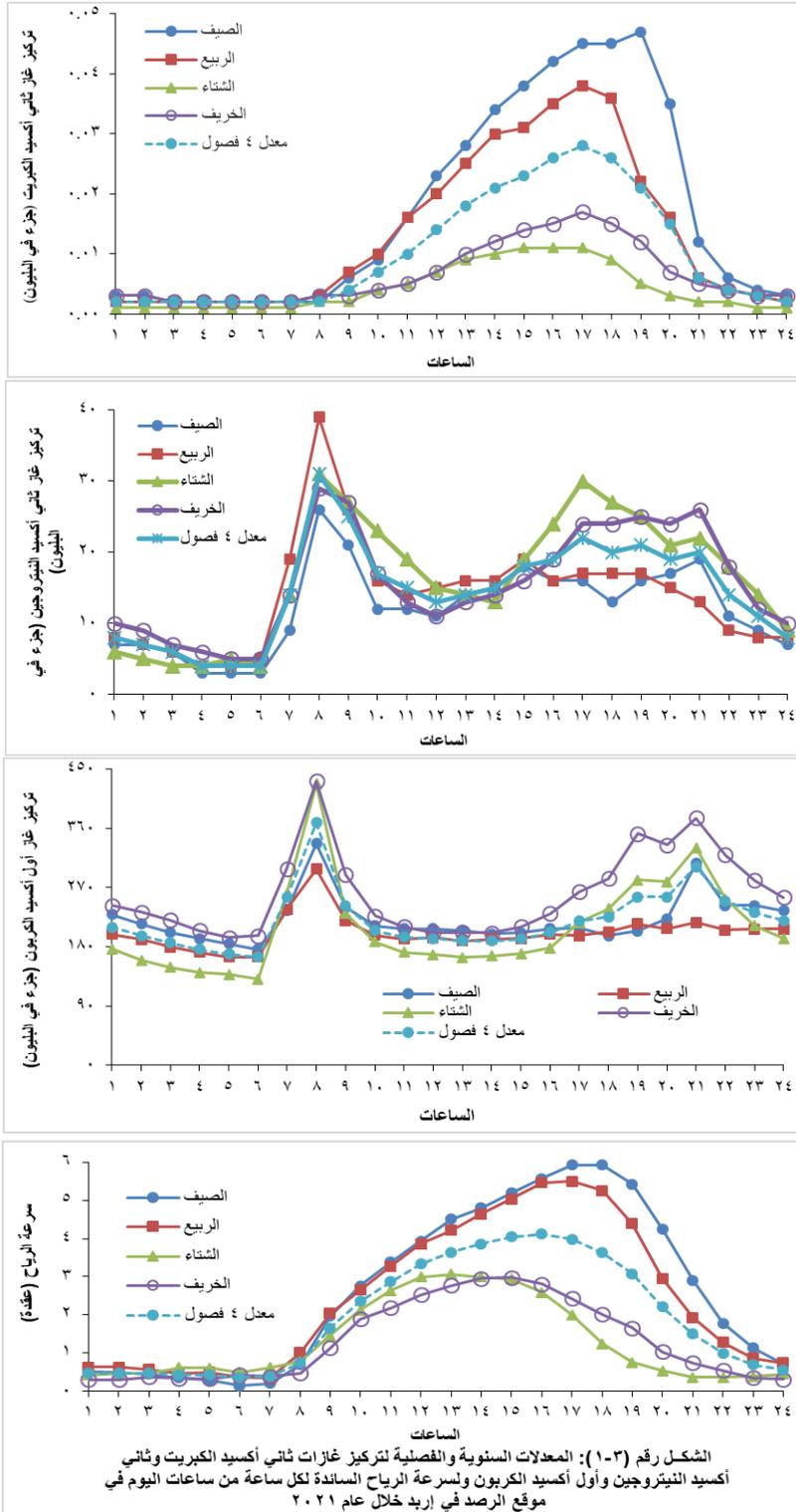
- هناك العديد من العوامل المختلفة والمتداخلة التي تلعب دوراً هاماً في مستويات الملوثات في الهواء المحيط. فإن مستويات هذه الملوثات في الهواء المحيط تختلف من سنة لأخرى في نفس مواقع الرصد لأسباب عدّة منها:
- نوعية الوقود المستخدم في الصناعات والمركبات وغيرها من النشاطات، فمثلاً هناك اختلاف في نسبة الكبريت 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 الرئيسية 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 تنبعث 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.
- حجم النشاطات المختلفة التي تسبب انبعاث الجسيمات في الصناعات، والمحاجر والمقالع المتواجدة في مناطق الرصد، ونوعية ومدى كفاءة التحكم بهذه النشاطات.

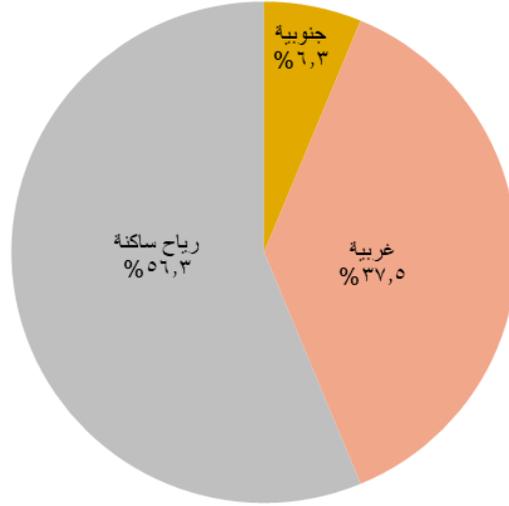
### ١-٣ مدينة الحسن الصناعية / إربد

يُبيّن الشكل رقم (١-٣) المعدلات السنوية والفصلية لتركيز كل من غاز ثاني أكسيد الكبريت وغاز ثاني أكسيد النيتروجين وغاز أول أكسيد الكربون ولسرعة الرياح خلال كل ساعة من ساعات اليوم في موقع الرصد في إربد، حيث يلاحظ أن مستويات غاز ثاني أكسيد الكبريت تتناسب طردياً مع سرعة الرياح خلال جميع الفصول فكلاهما يصل إلى أعلى مستوياته خلال ساعات النهار وإلى أدنى مستوياته خلال ساعات الصباح الباكر وسجلت أعلى معدلات لغاز ثاني أكسيد الكبريت خلال فصل الصيف. كما يبين الشكل عدم وجود نمط مشترك ملحوظ لتغير مستويات غاز ثاني أكسيد النيتروجين وغاز أول أكسيد الكربون مع تغير سرعة الرياح خلال جميع فصول السنة إلا أن نمط التغير في المستويات متماثل لهذين الغازين وتصل أعلى التراكيز خلال الفترة ٧-٩ صباحاً.

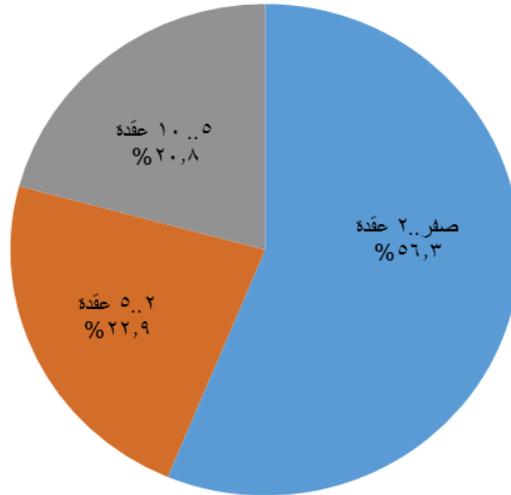
هنالك مصادر متعددة للجسيمات ( $PM_{2.5}$ ) في إربد من أبرزها الغبار الطبيعي والجسيمات الدقيقة الناتجة عن حرق الوقود في المصادر الثابتة والمتحركة والغبار المنبعث من عمليات التصنيع المختلفة في المصانع الموجودة في مدينة الحسن الصناعية. تبين الأشكال (٢-٣) و (٣-٣) أدناه توزيع اتجاه وسرعة الرياح خلال الأيام التي تجاوز فيها المعدل اليومي للجسيمات ( $PM_{2.5}$ ) حد القاعدة الفنية الأردنية حيث سادت الرياح الساكنة بنسبة ٥٦,٣% خلال هذه الأيام والتي تؤدي إلى نقل الانبعاثات من مصادر التلوث القريبة من موقع الرصد وكذلك تقليل أو منع انتشار الملوثات وبقائها فوق المنطقة. كما أنه من المتوقع تأثر موقع الرصد بالانبعاثات الصادرة من مصادر التلوث الواقعة غرب موقع الرصد أثناء تواجده الرياح الغربية والتي وصلت نسبتها إلى ٣٧,٥% خلال الأيام التي سُجل فيها تجاوز للحد اليومي.

كما تأثر موقع الرصد بالغبار الطبيعي نتيجة للأجواء الخماسينية وموجات الغبار التي تعرضت لها المملكة خلال شهري آذار وكانون الأول ٢٠٢١ والذي يمكن ملاحظته خلال الأيام التي سُجل فيها تجاوزات للحد اليومي في جميع مواقع الرصد وهي الأيام ٢٣ و ٢٤/٣/٢٠٢١ و ٨/١٢/٢٠٢١.





الشكل رقم (٢-٣): توزيع اتجاه الرياح في موقع الرصد في اربد خلال الأيام التي سجل فيها تجاوز للحد اليومي المنصوص عليه في القاعدة الفنية الأردنية رقم (٢٠٠٦/١١٤٠) للجسيمات ( $PM_{2.5}$ ) خلال عام ٢٠٢١



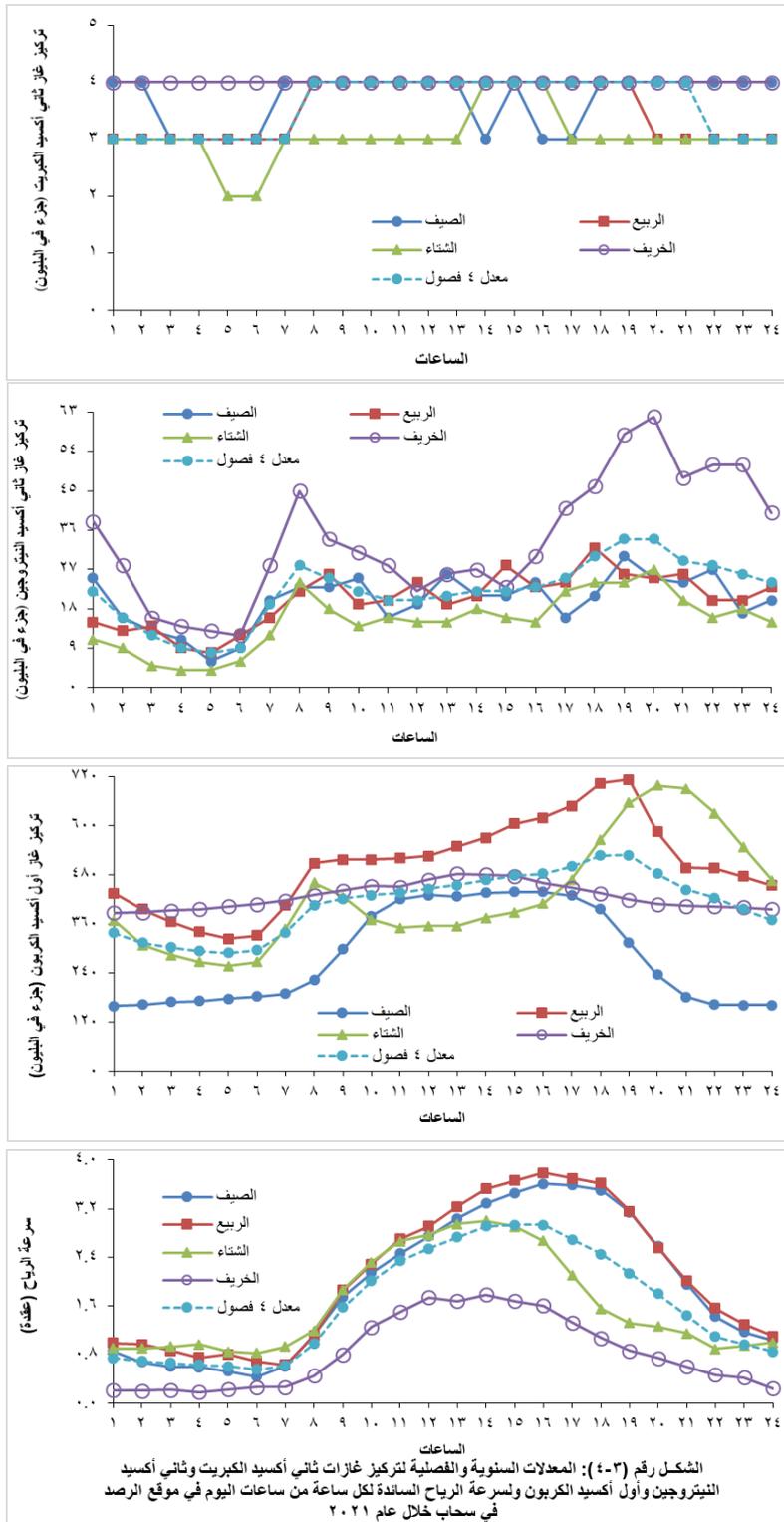
الشكل رقم (٣-٣): توزيع سرعة الرياح (عقدة) في موقع الرصد في اربد خلال الأيام التي سجل فيها تجاوز للحد اليومي المنصوص عليه في القاعدة الفنية الأردنية رقم (٢٠٠٦/١١٤٠) للجسيمات ( $PM_{2.5}$ ) خلال عام ٢٠٢١

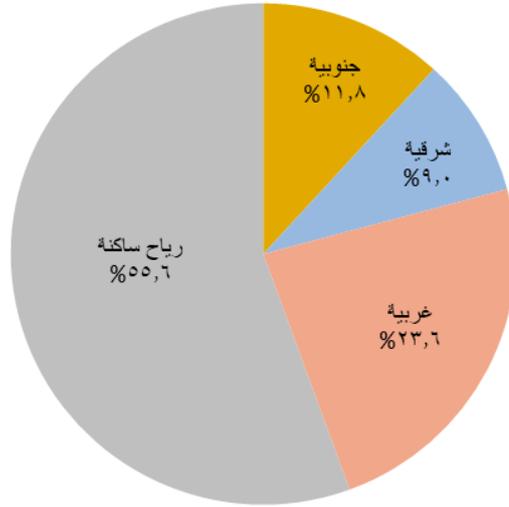
### ٢-٣ مدينة عبدالله الثاني بن الحسين الصناعية/عمّان-سحاب

يظهر الشكل رقم (٣-٤) المعدلات السنوية والفصلية لتركيز غازات ثاني أكسيد الكبريت وثاني أكسيد النيتروجين وأول أكسيد الكربون ولسرعة الرياح خلال كل ساعة من ساعات اليوم في سحاب حيث يلاحظ تشابه نمط التغير في مستويات غازات ثاني أكسيد النيتروجين وأول أكسيد الكربون خلال ساعات النهار في معظم الفصول، حيث تصل إلى أعلى مستوياتها خلال ساعات الصباح (من الساعة ٨ - الساعة ٩) وخلال ساعات المساء (من الساعة ١٨ - الساعة ٢١). فيما كانت مستويات غاز ثاني أكسيد الكبريت تقريباً ثابتة خلال جميع الفصول وتراوحت بين ٢ و٤ جزء في البليون.

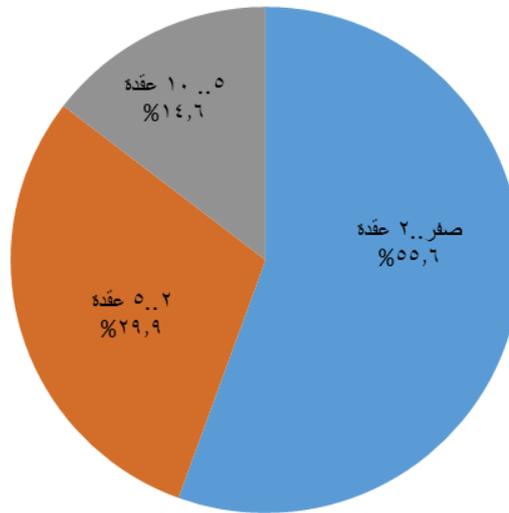
إن أهم مصادر الجسيمات ( $PM_{2.5}$ ) في المنطقة القريبة من موقع الرصد هي الانبعاثات الصادرة من حرق الوقود خاصة في المركبات وذلك لقرب موقع الرصد من مجمع الحافلات وكذلك الصناعات القريبة، والكسارات والغبار الطبيعي. تواجدت الرياح الساكنة بنسبة ٥٥,٦% خلال الأيام التي سُجل فيها تجاوزات للحد اليومي للجسيمات ( $PM_{2.5}$ ) حيث تعمل الرياح الساكنة على نقل الانبعاثات من مصادر التلوث القريبة من موقع الرصد وكذلك تقليل أو منع انتشار الملوثات وبقائها فوق المنطقة.

كما تأثر موقع الرصد بالغبار الطبيعي نتيجة للأجواء الخماسينية وموجات الغبار التي تعرضت لها المملكة خلال شهري آذار وكانون الأول ٢٠٢١ والذي يمكن ملاحظته خلال الأيام التي سُجل فيها تجاوزات للحد اليومي في جميع مواقع الرصد وهي الأيام ٢٣ و ٢٤/٣/٢٠٢١ و ٨/١٢/٢٠٢١.





الشكل رقم (٥-٣): توزيع اتجاه الرياح في موقع الرصد في سحاب خلال الأيام التي سجل فيها تجاوز للحد اليومي المنصوص عليه في القاعدة الفنية الأردنية رقم (٢٠٠٦/١١٤٠) للجسيمات ( $PM_{2.5}$ ) خلال عام ٢٠٢١

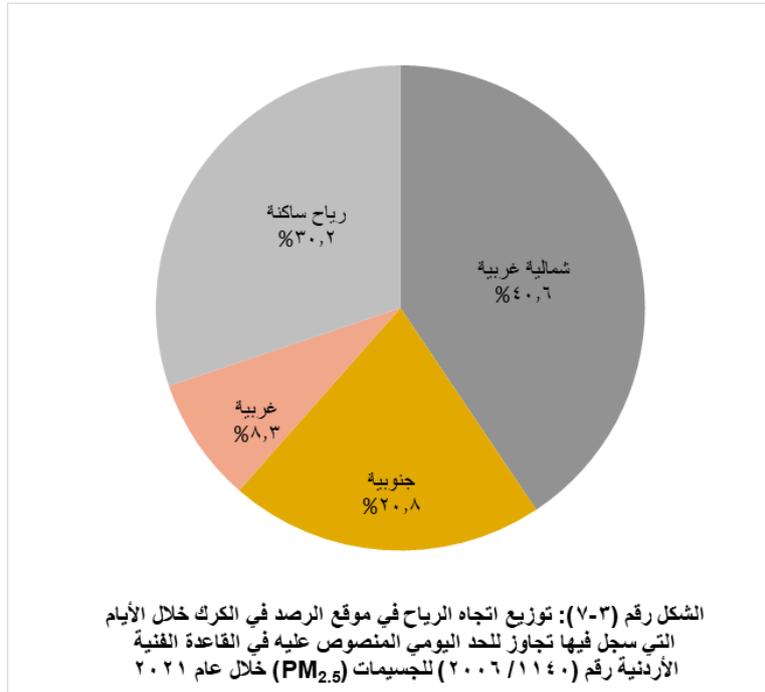


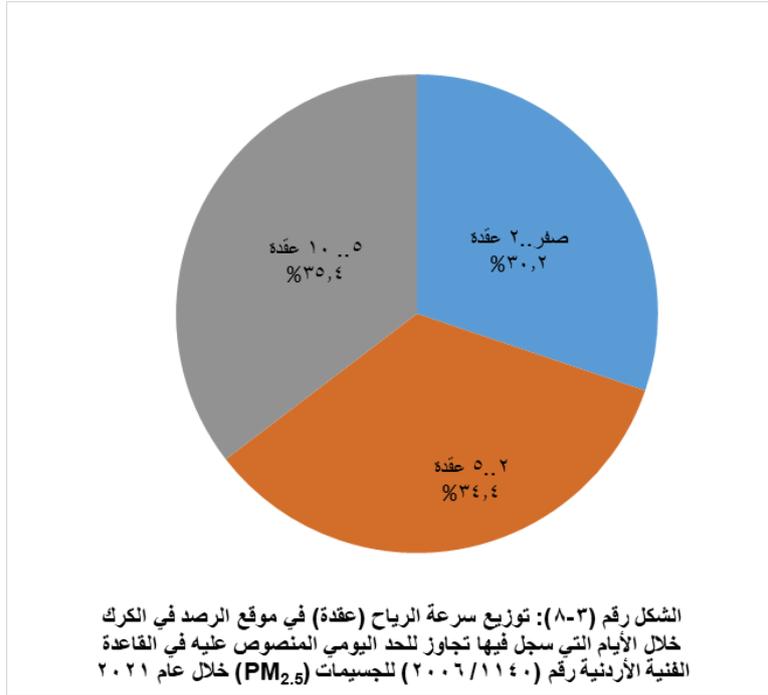
الشكل رقم (٦-٣): توزيع سرعة الرياح (عقدة) في موقع الرصد في سحاب خلال الأيام التي سجل فيها تجاوز للحد اليومي المنصوص عليه في القاعدة الفنية الأردنية رقم (٢٠٠٦/١١٤٠) للجسيمات ( $PM_{2.5}$ ) خلال عام ٢٠٢١

### ٣-٣ مدينة الحسين بن عبدالله الثاني الصناعية/الكرك

بينت نتائج الدراسة أن مستويات الجسيمات في موقع الكرك تجاوزت الحد اليومي المنصوص عليه في القاعدة الفنية الأردنية رقم ٢٠٠٦/١١٤٠، حيث تم تسجيل ٤ تجاوزات يومية خلال فترة الرصد (٢٠٢١/١/١) - (٢٠٢١/١٢/٣١). من أهم مصادر التلوث في المنطقة القريبة من موقع الرصد هي الانبعاثات الناتجة من حرق الوقود وعمليات الإنتاج. ويبين الشكلان رقم (٧-٣) و(٨-٣) أدناه توزيع سرعة واتجاه الرياح خلال الأيام التي تجاوزت فيها المعدلات اليومية لتركيز الجسيمات الحد اليومي في موقع الرصد في الكرك.

وتبين نتائج الرصد تأثير موقع الرصد بالغيبار الطبيعي نتيجة للأجواء الخماسينية وموجات الغبار التي تعرضت لها المملكة خلال شهري آذار وكانون الأول ٢٠٢١ والذي يمكن ملاحظته خلال الأيام التي سُجل فيها تجاوزات للحد اليومي في جميع مواقع الرصد وهي الأيام ٢٣ و٢٤/٣/٢٠٢١ و٨/١٢/٢٠٢١. وتم تسجيل تجاوز يومي والبالغ ٧٠ ميكروغرام/م<sup>٣</sup> بتاريخ ١٣/١١/٢٠٢١، من الممكن إيعاز هذا التجاوز إلى تأثير موقع الرصد بالانبعاثات من مصادر التلوث القريبة منه حيث تواجدت الرياح الساكنة بنسبة مرتفعة (٥٤,٢%) خلال هذا اليوم حيث تعمل هذه الرياح على تقليل أو منع نشر الملوثات وبقائها فوق المنطقة.





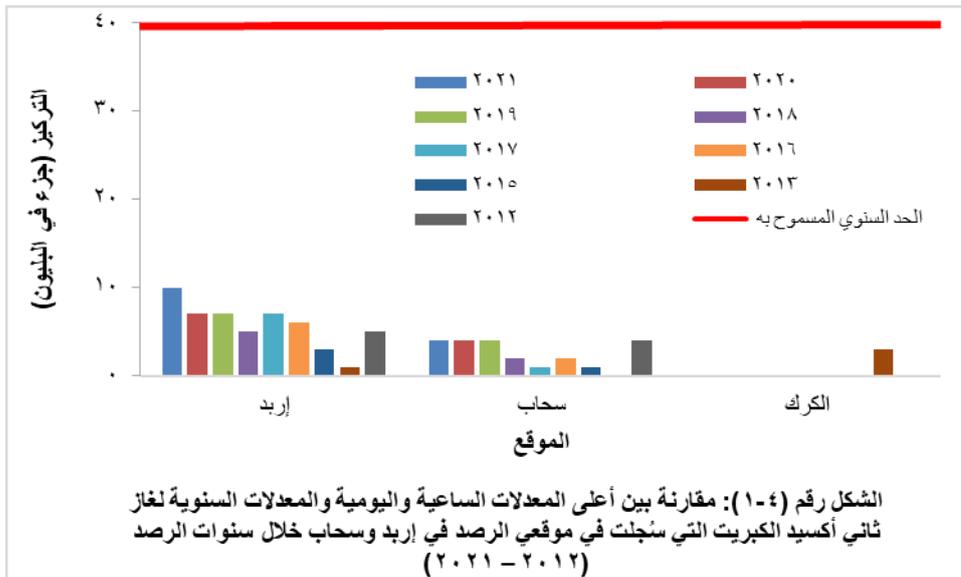
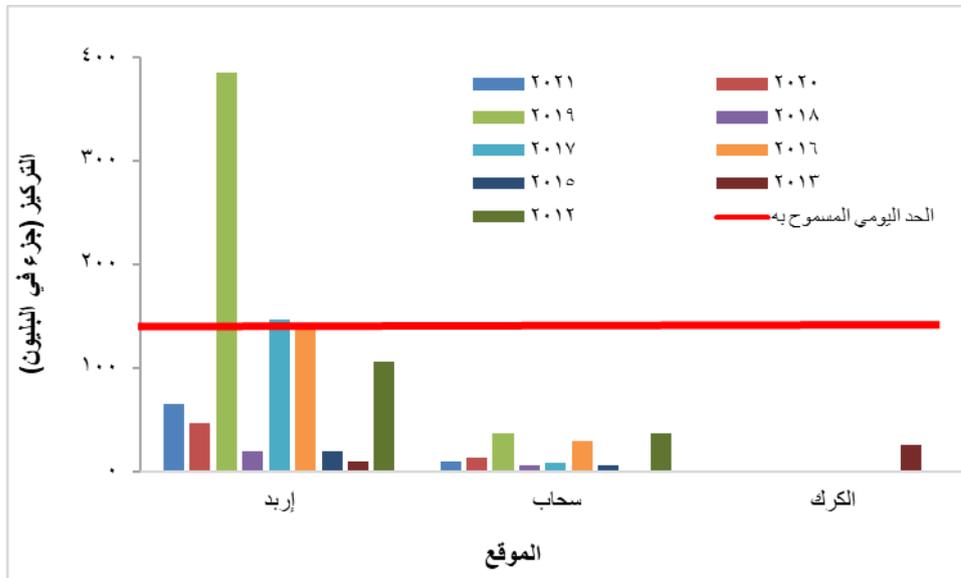
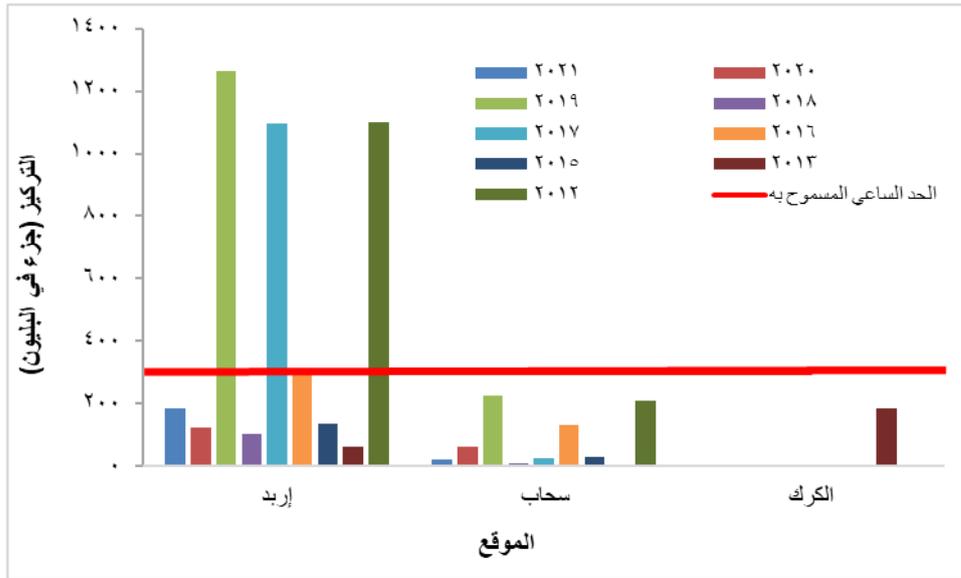
#### ٤. مقارنة بين نتائج الرصد لفترات الدراسات السابقة

تبين الأشكال (١-٤) إلى (٤-٤) مقارنة لنتائج الرصد من حيث المعدلات الساعية واليومية والمعدلات السنوية التي سجلت للجسيمات والملوثات الغازية التي تم رصدها في مواقع الرصد في إربد وسحاب والكرك خلال سنوات الرصد (٢٠١٢-٢٠٢١).

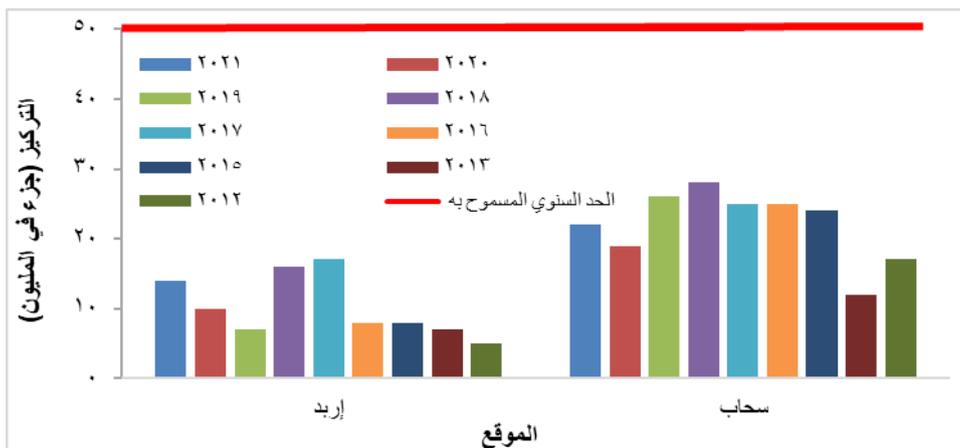
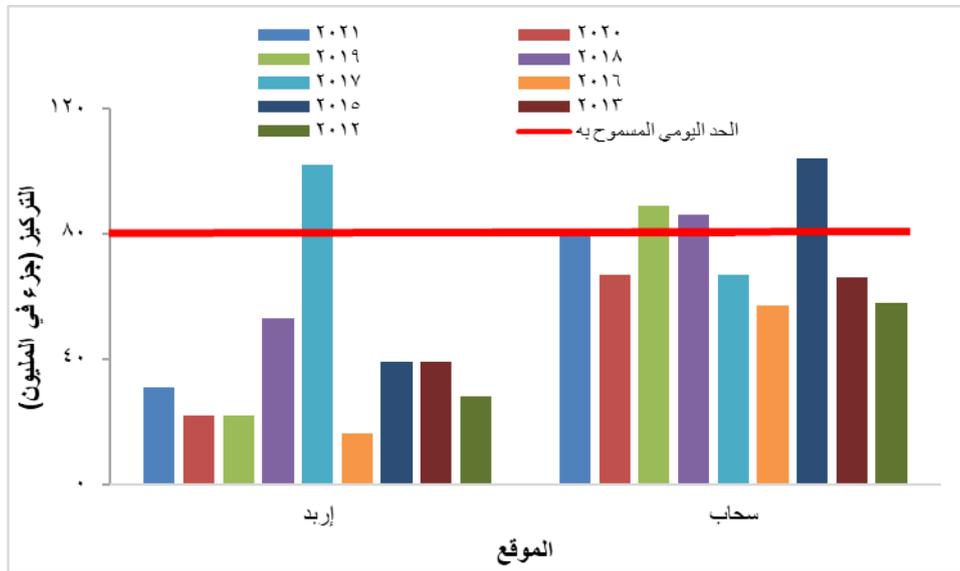
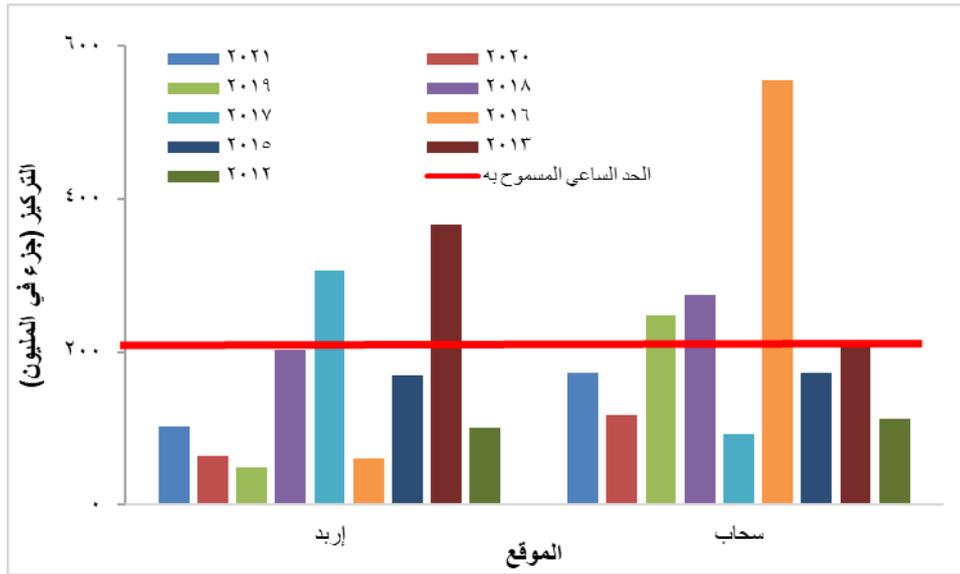
بينت نتائج الدراسة أن المعدلات السنوية لغازات ثاني أكسيد الكبريت وثنائي أكسيد النيتروجين وأول أكسيد الكربون في موقع الرصد في إربد قد ارتفعت مقارنةً بفترة الدراسة السابقة خلال عام ٢٠٢٠. فيما انخفض المعدل السنوي للجسيمات (PM<sub>2.5</sub>) مقارنةً بفترة الرصد خلال عام ٢٠١٨.

أما بالنسبة لموقع الرصد في سحاب فقد بينت نتائج الدراسة أن المعدلات السنوية لغاز ثاني أكسيد النيتروجين وأول أكسيد الكربون والجسيمات الدقيقة العالقة في الهواء بقطر يقل عن أو يساوي ٢,٥ ميكرون خلال الدراسة الحالية قد ارتفعت مقارنةً بفترة الدراسة السابقة خلال عام ٢٠٢٠. فيما لم يطرأ أي تغيير على المعدل السنوي لغاز ثاني أكسيد الكبريت مقارنةً بفترة الرصد خلال عامي ٢٠٢٠ و ٢٠١٩.

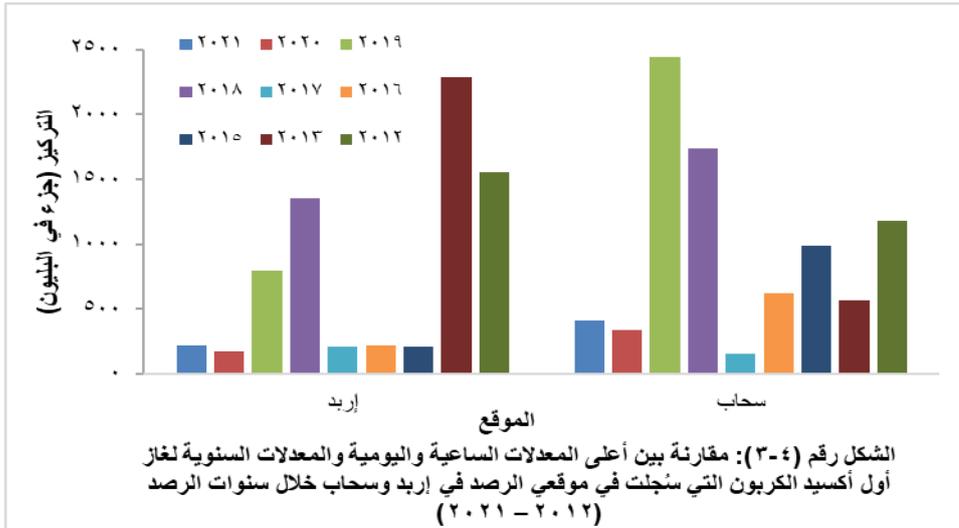
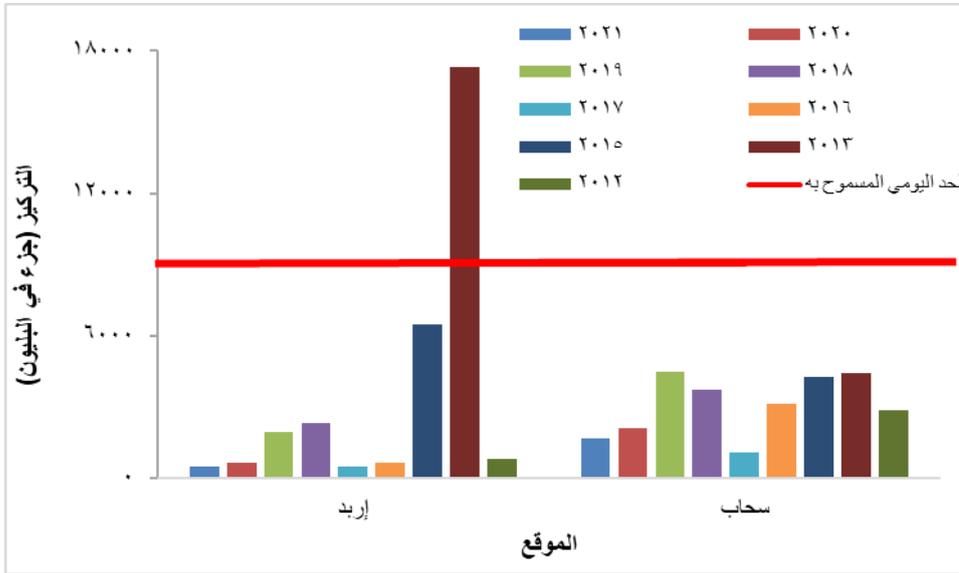
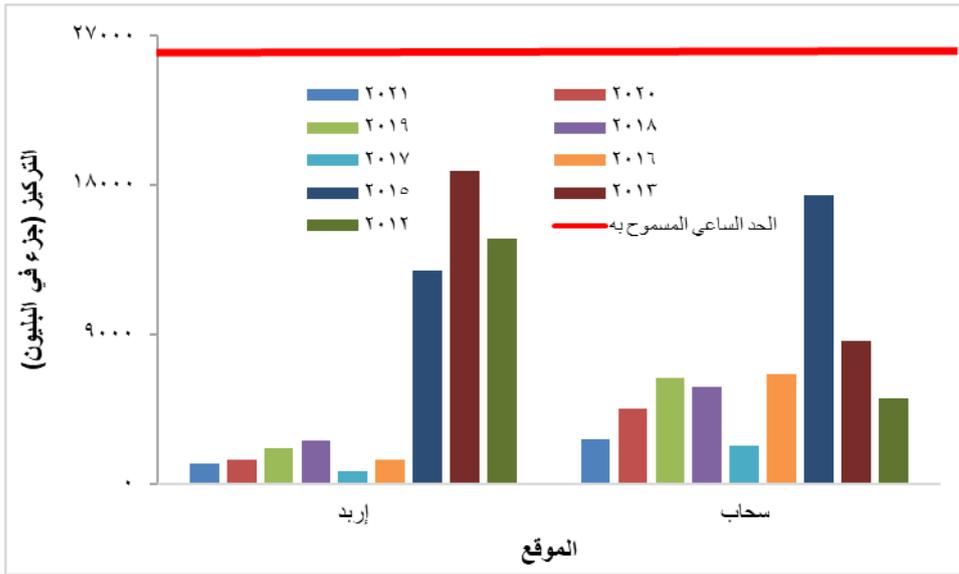
وانخفض المعدل السنوي للجسيمات الدقيقة العالقة في الهواء بقطر يقل عن أو يساوي ٢,٥ ميكرون لفترة الدراسة الحالية في موقع الرصد في الكرك مقارنةً بسنة الدراسة السابقة خلال عام ٢٠٢٠.

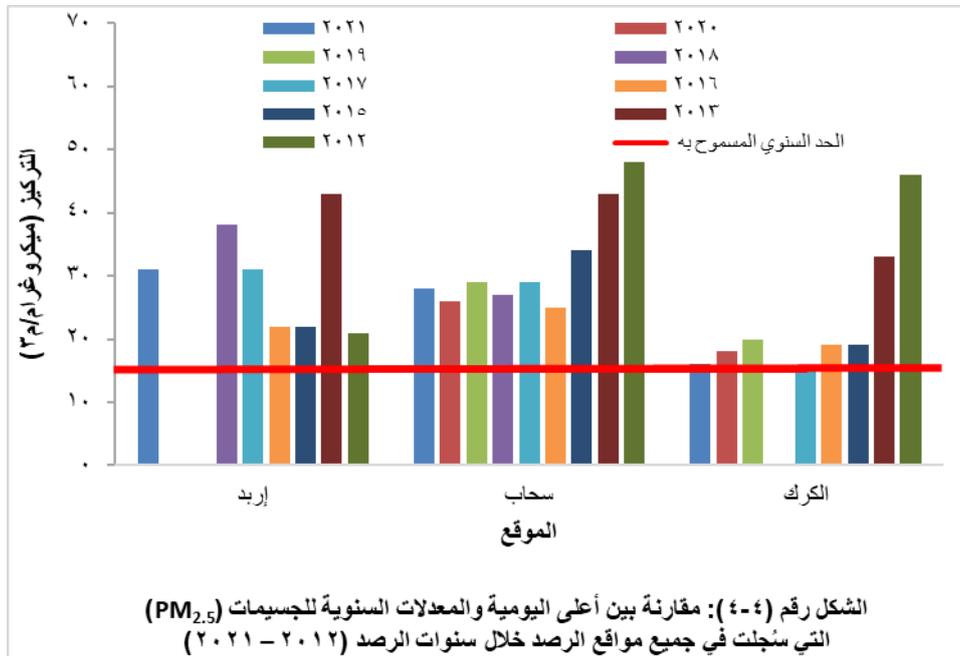
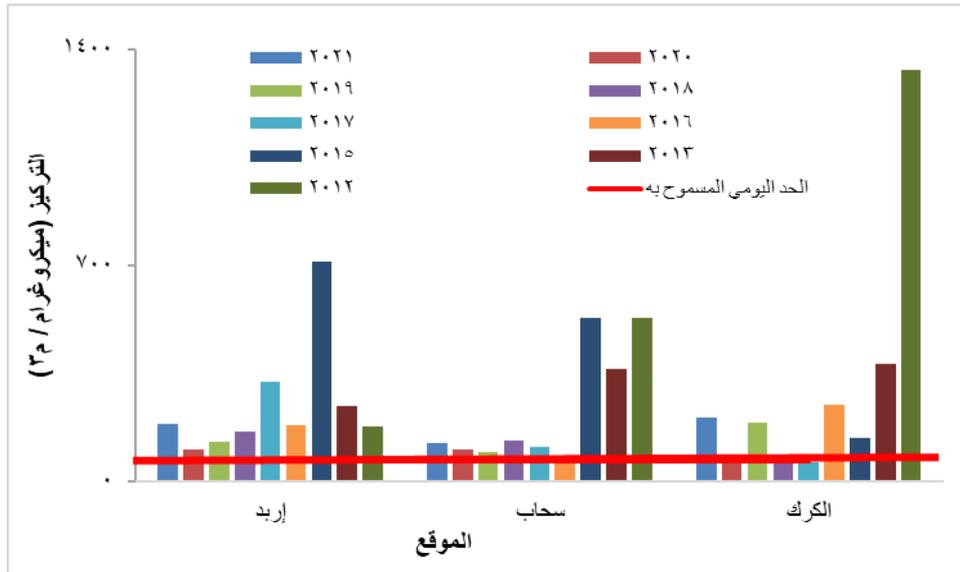


الشكل رقم (٤-١): مقارنة بين أعلى المعدلات الساعية واليومية والمعدلات السنوية لغاز ثاني أكسيد الكبريت التي سُجلت في موقعي الرصد في إربد وسحاب خلال سنوات الرصد (٢٠١٢ - ٢٠٢١)



الشكل رقم (٤-٢): مقارنة بين أعلى المعدلات الساعية واليومية والمعدلات السنوية لغاز ثاني أكسيد النيتروجين التي سُجلت في موقعي الرصد في إربد وسحاب خلال سنوات الرصد (٢٠١٢ - ٢٠٢١)





## ٥. التوصيات

تؤكد نتائج الدراسة الحالية التي تغطي فترة الرصد من ٢٠٢١/١/١ إلى ٢٠٢١/١٢/٣١ الحاجة إلى تطبيق التوصيات التالية:

١. الاستمرار في مراقبة نوعية الهواء في مناطق الرصد الحالية وزيادة المناطق المغطاة مثل المدن الصناعية القائمة حالياً وغير المشمولة بالرصد لما لذلك من أهمية في تحديد المناطق المعرضة لتلوث الهواء للعمل على دراسة مصادر التلوث في تلك المناطق وتنفيذ الإجراءات التي من شأنها الحد من تجاوز تراكيز الملوثات لحدود المواصفات الوطنية لنوعية الهواء المحيط (Air Quality Control) وكذلك المحافظة على المناطق التي تتمتع بنوعية هواء ضمن حدود المواصفات الوطنية لنوعية الهواء المحيط من التدهور.

٢. يُوصى بتوسيع دائرة الرصد من حيث عدد الملوثات المرصودة خاصة رصد مستويات الكربون الأسود (Black Carbon) في المناطق التي تعاني من كثافة حركة السير والتي يُرصد فيها الجسيمات 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.

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، إلا أن ذلك يحتاج إلى تجميع أكبر ما يمكن من البيانات من الصناعات المحيطة بمواقع الرصد.

٤. إن هذه الدراسة والدراسات الأخرى التي تهدف إلى رصد وتقييم نوعية الهواء المحيط تضع الأساس للعمل على الإستراتيجية الوطنية لنوعية الهواء المحيط في المملكة، والتي تحتاج أيضاً إلى تنفيذ العديد من الأبحاث والتي لا تتحصر 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

## ملحق (١)

خرائط تبين مواقع الرصد  
ومصادر التلوث الثابتة



Google Earth

Image © 2021 Maxar Technologies

Image © 2021 CNES / Airbus

© 2021 ORION-ME

2 km



Google Earth

© 2021 Google

© 2021 ORION-NE

Image © 2021 CNES / Airbus



800 m



مدينة الحسين بن عبدالله الثاني الصناعية / الكرك

موقع رصد الكرك

© 2020 ORION-ME  
Image © 2020 Maxar Technologies

Google Earth

## ملحق (٢)

برامج الصيانة الدورية  
والمعايرة لأجهزة القياس  
المستخدمة

**Table 1: The schedule of the preventive maintenance of sulfur dioxide analyzer (UV Fluorescent)**

<b>Equipment</b>	<b>PM</b>	<b>Frequency</b>
SO <sub>2</sub> Analyzer and SO <sub>2</sub> /H <sub>2</sub> S 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 SO <sub>x</sub> 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 analyzer (Chemiluminescent)**

<b>Equipment</b>	<b>PM</b>	<b>Frequency</b>
NO <sub>x</sub> Analyzer Model 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

**Table 3: The schedule of the preventive maintenance of particulate matter (PM<sub>2.5</sub>) monitor (Beta Gauge Monitor)**

<b>Equipment</b>	<b>PM</b>	<b>Frequency</b>
Particulate Matter Analyzer	Clean the outside case using a damp cloth	Monthly
	Inspect and empty the water collector bottle located	Monthly

5014i Beta	on the inlet	
	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

<b>Equipment</b>	<b>PM</b>	<b>Frequency</b>
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
	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 of the preventive maintenance of carbon monoxide (CO) analyzer**

<b>Equipment</b>	<b>PM</b>	<b>Frequency</b>
CO Analyzer APMA 370	Replace the sample filter element	Bi-weekly
	Replace the O-rings	Annual
	Replace the filter packing	Annual
	Replace the pump valves and	Annual

	diaphragms	
	Replace the catalyst tube assembly	Annual
	Replace the filter element	Annual
	Replace the scrubber	Annual
	Replace the pump	Biennial or when required
	Replace the solenoid valve unit	Biennial or when required
	Change the battery	Every 3 years or when BATT alarm occurs

**Table 5: The schedule and type of calibration.**

Equipment name	Calibration type
Nitrogen oxides analyzer Sulfur dioxide analyzer Carbon monoxide analyzer	<p><b>Check of zero point</b> This operation consists of comparing the monitor response for zero. Frequency: monthly</p> <p><b>1-point calibration</b> This is a procedure for checking and correcting the response of the monitor at a span point. Frequency: monthly</p>
PM <sub>2.5</sub> analyzer	<p><b>Particles measurement calibration</b> It is a Beta gauge calibration by using a reference gauge. Frequency: annually for BAM 1020 and quarterly for 5014i.</p>
Weather parameters	<p><b>Verification only on the wind direction</b> 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</p>

## ملحق (٣)

قيم الارتياح لأعلى المعدلات  
الساعية واليومية للملوثات  
الغازية المسجلة في كل موقع

تم حساب قيمة الارتياب في فترة الثقة ٩٥% لأعلى معدل ساعي وأعلى معدل يومي لكل ملوث على حدى بالإعتماد 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
إربد	غاز ثاني أكسيد الكبريت	جزء في البليون	١٨٤	٥±
	غاز ثاني أكسيد النيتروجين	جزء في البليون	١٠٣	٩±
	غاز أول أكسيد الكربون	جزء في البليون	١١٨٠	٧١±
سحاب	غاز ثاني أكسيد الكبريت	جزء في البليون	٢٢	٣±
	غاز ثاني أكسيد النيتروجين	جزء في البليون	١٧٢	٩±
	غاز أول أكسيد الكربون	جزء في البليون	٢٦٧٠	٧٤±

الموقع	الملوث	وحدة القياس	أعلى معدل يومي	قيمة الارتياب
إربد	غاز ثاني أكسيد الكبريت	جزء في البليون	٦٥	٣±
	غاز ثاني أكسيد النيتروجين	جزء في البليون	٣١	٨±
	غاز أول أكسيد الكربون*	جزء في البليون	٤٥٥	٦٥±
سحاب	غاز ثاني أكسيد الكبريت	جزء في البليون	٩	٣±
	غاز ثاني أكسيد النيتروجين	جزء في البليون	٧٩	٨±
	غاز أول أكسيد الكربون*	جزء في البليون	١٦٥٩	٧٢±

\* أعلى معدل ٨ - ساعات