



الجمعيّة العلميّة الملكيّة  
Royal Scientific Society  
في خدمة الوطن منذ ١٩٧٠ • 1970



# دراسة نوعية الهواء في المدن الصناعية في المملكة

التقرير النهائي لعام ٢٠٢٠

(كانون الثاني ٢٠٢٠ – كانون الأول ٢٠٢٠)

مقدم إلى

وزارة البيئة

إعداد

قسم دراسات الهواء

مركز المياه والبيئة

الجمعيّة العلميّة الملكيّة

# 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
و	قائمة الجداول
ز	الخلاصة باللغة العربية
ي	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 ( $SO_2$ )
٤	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 ( $PM_{2.5}$ )
٥	٤-١ مواقع الرصد

٧	٥-١ أسلوب العمل وأجهزة القياس المستخدمة
٩	٢- نتائج الدراسة
٩	١-٢ مدينة الحسن الصناعية/إربد
١٦	٢-٢ مدينة عبدالله الثاني بن الحسين الصناعية/سحاب
٢٤	٣-٢ مدينة الحسين بن عبدالله الثاني الصناعية/الكرك
٢٩	٣- مناقشة نتائج الدراسة
٢٩	١-٣ مدينة الحسن الصناعية/إربد
٣١	٢-٣ مدينة عبدالله الثاني بن الحسين الصناعية/سحاب
٣٥	٣-٣ مدينة الحسين بن عبدالله الثاني الصناعية/الكرك
٣٧	٤- مقارنة بين نتائج الرصد لفترات الدراسات السابقة
٤٢	٥- تأثير حظر التجول على نوعية الهواء المحيط
٤٢	٥-١ ثاني أكسيد الكبريت ( $SO_2$ )
٤٣	٥-٢ أكاسيد النيتروجين ( $NO, NO_2$ & $NO_x$ )
٤٤	٥-٣ أول أكسيد الكربون ( $CO$ )
٤٥	٥-٤ الجسيمات الدقيقة بقطر يقل عن أو يساوي ٢,٥ ميكرون ( $PM_{2.5}$ )
٤٧	٦- التوصيات

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

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

ملحق (٣) : قيم الارتياح لأعلى المعدلات الساعية واليومية للملوثات الغازية المسجلة في كل موقع

# قائمة الصور والأشكال

## رقم الصفحة

- ٦ الشكل رقم (١-١): موقع الرصد في سحاب
- ٦ الشكل رقم (٢-١): موقع الرصد في إربد
- ٧ الشكل رقم (٣-١): موقع الرصد في الكرك
- ٩ الشكل رقم (١-٢): المعدلات اليومية وأعلى المعدلات الساعية لتراكيز غاز ثاني أكسيد الكبريت التي سُجلت في موقع الرصد في إربد خلال عام ٢٠٢٠
- ٩ الشكل رقم (٢-٢): أعلى المعدلات الساعية لتراكيز غازات أكاسيد النيتروجين التي سُجلت في موقع الرصد في إربد خلال عام ٢٠٢٠
- ١٠ الشكل رقم (٣-٢): المعدلات اليومية لتراكيز غازات أكاسيد النيتروجين التي سُجلت في موقع الرصد في إربد خلال عام ٢٠٢٠
- ١٠ 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 ٢٠٢٠
- ١٢ الشكل رقم (٥-٢): المعدلات الشهرية لتراكيز غاز ثاني أكسيد الكبريت وغاز ثاني أكسيد النيتروجين التي سُجلت في موقع الرصد في إربد خلال عام ٢٠٢٠
- ١٣ الشكل رقم (٦-٢): المعدلات الشهرية لتراكيز غاز أول أكسيد الكربون التي سُجلت في موقع الرصد في إربد خلال عام ٢٠٢٠
- ١٤ الشكل رقم (٧-٢): توزيع اتجاه الرياح في موقع الرصد في إربد خلال عام ٢٠٢٠
- ١٤ الشكل رقم (٨-٢): توزيع سرعة الرياح (عقدة) في موقع الرصد في إربد خلال عام ٢٠٢٠
- ١٥ الشكل رقم (٩-٢): المعدلات الشهرية لسرعة الرياح (عقدة) واتجاه الرياح السائدة خلال كل شهر من أشهر الرصد في إربد خلال عام ٢٠٢٠

- الشكل رقم (٢-١٠): المعدلات اليومية والمعدلات الساعية القصوى والأدنى المسجلة يومياً للرطوبة النسبية في موقع الرصد في إربد خلال عام ٢٠٢٠
- ١٥
- الشكل رقم (٢-١١): المعدلات اليومية والمعدلات الساعية القصوى والأدنى المسجلة يومياً لدرجة الحرارة في موقع الرصد في إربد خلال عام ٢٠٢٠
- ١٦
- الشكل رقم (٢-١٢): المعدلات اليومية وأعلى المعدلات الساعية لتراكيز غاز ثاني أكسيد الكبريت التي سُجلت في موقع الرصد في سحاب خلال عام ٢٠٢٠
- ١٦
- الشكل رقم (٢-١٣): أعلى المعدلات الساعية لتراكيز غازات أكاسيد النيتروجين التي سُجلت في موقع الرصد في سحاب خلال عام ٢٠٢٠
- ١٧
- الشكل رقم (٢-١٤): المعدلات اليومية لتراكيز غازات أكاسيد النيتروجين التي سُجلت في موقع الرصد في سحاب خلال عام ٢٠٢٠
- ١٧
- الشكل رقم (٢-١٥): أعلى المعدلات الساعية وأعلى معدل ٨ ساعات لتراكيز غاز أول أكسيد الكربون التي سُجلت في موقع الرصد في سحاب خلال عام ٢٠٢٠
- ١٨
- الشكل رقم (٢-١٦): المعدلات اليومية لتراكيز الجسيمات ( $PM_{2.5}$ ) التي سُجلت في موقع الرصد في سحاب خلال عام ٢٠٢٠
- ٢٠
- الشكل رقم (٢-١٧): المعدلات الشهرية لتراكيز غاز ثاني أكسيد الكبريت وغاز ثاني أكسيد النيتروجين التي سُجلت في موقع الرصد في سحاب خلال عام ٢٠٢٠
- ٢٠
- الشكل رقم (٢-١٨): المعدلات الشهرية لتراكيز غاز أول أكسيد الكربون التي سُجلت في موقع الرصد في سحاب خلال عام ٢٠٢٠
- ٢١
- الشكل رقم (٢-١٩): المعدلات الشهرية لتراكيز الجسيمات ( $PM_{2.5}$ ) التي سُجلت في موقع الرصد في سحاب خلال عام ٢٠٢٠
- ٢١
- الشكل رقم (٢-٢٠): توزيع اتجاه الرياح في موقع الرصد في سحاب خلال عام ٢٠٢٠
- ٢٢
- الشكل رقم (٢-٢١): توزيع سرعة الرياح (عقدة) في موقع الرصد في سحاب خلال عام ٢٠٢٠
- ٢٢
- الشكل رقم (٢-٢٢): المعدلات الشهرية لسرعة الرياح (عقدة) واتجاه الرياح السائدة خلال كل شهر من أشهر الرصد
- ٢٣

في سحب خلال عام ٢٠٢٠

- ٢٣ الشكل رقم (٢-٢٣): المعدلات اليومية والمعدلات الساعية القصوى والأدنى المسجلة يومياً للرطوبة النسبية في موقع الرصد في سحب خلال عام ٢٠٢٠
- ٢٤ الشكل رقم (٢-٢٤): المعدلات اليومية والمعدلات الساعية القصوى والأدنى المسجلة يومياً لدرجة الحرارة في موقع الرصد في سحب خلال عام ٢٠٢٠
- ٢٤ الشكل رقم (٢-٢٥): المعدلات اليومية لتراكيز الجسيمات ( $PM_{2.5}$ ) التي سُجلت في موقع الرصد في الكرك خلال عام ٢٠٢٠
- ٢٥ الشكل رقم (٢-٢٦): المعدلات الشهرية لتراكيز الجسيمات ( $PM_{2.5}$ ) التي سُجلت في موقع الرصد في الكرك خلال عام ٢٠٢٠
- ٢٦ الشكل رقم (٢-٢٧): توزيع اتجاه الرياح في موقع الرصد في الكرك خلال عام ٢٠٢٠
- ٢٦ الشكل رقم (٢-٢٨): توزيع سرعة الرياح (عقدة) في موقع الرصد في الكرك خلال عام ٢٠٢٠
- ٢٧ الشكل رقم (٢-٢٩): المعدلات الشهرية لسرعة الرياح (عقدة) واتجاه الرياح السائدة خلال كل شهر من أشهر الرصد في الكرك خلال عام ٢٠٢٠
- ٢٧ الشكل رقم (٢-٣٠): المعدلات اليومية والمعدلات الساعية القصوى والأدنى المسجلة يومياً للرطوبة النسبية في موقع الرصد في الكرك خلال عام ٢٠٢٠
- ٢٨ الشكل رقم (٢-٣١): المعدلات اليومية والمعدلات الساعية القصوى والأدنى المسجلة يومياً لدرجة الحرارة في موقع الرصد في الكرك خلال عام ٢٠٢٠
- ٣٠ الشكل رقم (٣-١): المعدلات السنوية والفصلية لتركيز 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 ٢٠٢٠
- ٣١ الشكل رقم (٣-٢): المعدلات السنوية والفصلية لتركيز غازات ثاني أكسيد الكبريت وثاني أكسيد النيتروجين وأول أكسيد الكربون ولسرعة الرياح السائدة لكل ساعة من ساعات اليوم في موقع الرصد في سحب خلال عام ٢٠٢٠
- ٣٣ الشكل رقم (٣-٣): توزيع اتجاه الرياح في موقع الرصد في سحب خلال الأيام التي سجل فيها تجاوز للحد اليومي المنصوص عليه في القاعدة الفنية الأردنية رقم (٢٠٠٦ / ١١٤٠) للجسيمات ( $PM_{2.5}$ ) خلال عام ٢٠٢٠



- الشكل رقم (٣-٤): 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 ٢٠٢٠
- الشكل رقم (٣-٥): 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 ٢٠٢٠
- الشكل رقم (٣-٦): 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 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 (٢٠١٠ - ٢٠٢٠)
- 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 (٢٠١٠ - ٢٠٢٠)
- الشكل رقم (٤-٣): مقارنة بين أعلى المعدلات الساعية ومعدلات ٨ - ساعات والمعدلات السنوية لغاز أول أكسيد الكربون التي سُجلت في موقعي الرصد في إربد وسحاب خلال سنوات الرصد (٢٠١٠ - ٢٠٢٠)
- الشكل رقم (٤-٤): مقارنة بين أعلى المعدلات اليومية ونسب التجاوز اليومية والمعدلات السنوية للجسيمات التي سُجلت في جميع مواقع الرصد خلال سنوات الرصد (٢٠١٠ - ٢٠٢٠)
- الشكل رقم (٥-١): نسبة الانخفاض في تراكيز غاز ثاني أكسيد الكبريت خلال فترة حظر التجول الجزئي والكامل (٢٠٢٠/٣/١٨ - ٢٠٢٠/٤/١٥) مقارنةً بمستوياتها خلال الفترة (٢٠٢٠/١/١ - ٢٠٢٠/٣/١٧) وللفترة (٣/١٨ - ٤/١٥) لسنوات الرصد السابقة (٢٠١٦ - ٢٠١٩)
- الشكل رقم (٥-٢): مقارنة للمعدلات الحسابية لتراكيز غاز ثاني أكسيد الكبريت خلال الفترة (٢٠٢٠/٣/١٨ - ٢٠٢٠/٤/١٥) مقارنةً بمستوياتها خلال الفترة (٢٠٢٠/١/١ - ٢٠٢٠/٣/١٧) وللفترة (٣/١٨ - ٤/١٥) لسنوات الرصد السابقة (٢٠١٦ - ٢٠١٩)
- الشكل رقم (٥-٣): نسبة الانخفاض في تراكيز غاز ثاني أكسيد النيتروجين خلال فترة حظر التجول الجزئي والكامل (٢٠٢٠/٣/١٨ - ٢٠٢٠/٤/١٥) مقارنةً بمستوياتها خلال الفترة (٢٠٢٠/١/١ - ٢٠٢٠/٣/١٧) وللفترة (٣/١٨ - ٤/١٥) لسنوات الرصد السابقة (٢٠١٦ - ٢٠١٩)
- الشكل رقم (٥-٤): مقارنة للمعدلات الحسابية لتراكيز غاز ثاني أكسيد النيتروجين خلال الفترة (٢٠٢٠/٣/١٨ - ٢٠٢٠/٤/١٥) مقارنةً بمستوياتها خلال الفترة (٢٠٢٠/١/١ - ٢٠٢٠/٣/١٧) وللفترة (٣/١٨ - ٤/١٥) لسنوات

الرصد السابقة (٢٠١٦ - ٢٠١٩)

- ٤٣ الشكل رقم (٥-٥): نسبة الانخفاض في تراكيز غاز أول أكسيد الكربون خلال فترة حظر التجول الجزئي والكامل (٢٠٢٠/٣/١٨ - ٢٠٢٠/٤/١٥) مقارنةً بمستوياتها خلال الفترة (٢٠٢٠/١/١ - ٢٠٢٠/٣/١٧) وللفترة (٣/١٨ - ٤/١٥) لسنوات الرصد السابقة (٢٠١٦ - ٢٠١٩)
- ٤٤ الشكل رقم (٥-٦): مقارنة للمعدلات الحسابية لتراكيز غاز أول أكسيد الكربون خلال الفترة (٢٠٢٠/٣/١٨ - ٢٠٢٠/٤/١٥) مقارنةً بمستوياتها خلال الفترة (٢٠٢٠/١/١ - ٢٠٢٠/٣/١٧) وللفترة (٣/١٨ - ٤/١٥) لسنوات الرصد السابقة (٢٠١٦ - ٢٠١٩)
- ٤٤ الشكل رقم (٥-٧): نسبة الانخفاض في تراكيز الجسيمات ( $PM_{2.5}$ ) خلال فترة حظر التجول الجزئي والكامل (٢٠٢٠/٣/١٨ - ٢٠٢٠/٤/١٥) مقارنةً بمستوياتها خلال الفترة (٢٠٢٠/١/١ - ٢٠٢٠/٣/١٧) وللفترة (٣/١٨ - ٤/١٥) لسنوات الرصد السابقة (٢٠١٦ - ٢٠١٩)
- ٤٥ الشكل رقم (٥-٨): مقارنة للمعدلات الحسابية للجسيمات ( $PM_{2.5}$ ) خلال الفترة (٢٠٢٠/٣/١٨ - ٢٠٢٠/٤/١٥) مقارنةً بمستوياتها خلال الفترة (٢٠٢٠/١/١ - ٢٠٢٠/٣/١٧) وللفترة (٣/١٨ - ٤/١٥) لسنوات الرصد السابقة (٢٠١٦ - ٢٠١٩)

# قائمة الجداول

## رقم الصفحة

- جدول رقم (١-١): الحدود القصوى المسموح بها لملوثات الهواء المحيط التي تم رصدها في الدراسة (القاعدة الفنية الأردنية رقم ١١٤٠/٢٠٠٦)
- 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 ٢٠٢٠
- جدول رقم (٢-٢): أعلى المعدلات اليومية لغاز ثاني أكسيد الكبريت وغازات أكاسيد النيتروجين في موقع الرصد في إربد خلال عام ٢٠٢٠
- جدول رقم (٣-٢): أعلى المعدلات الساعية للملوثات الغازية في موقع الرصد في سحب خلال عام ٢٠٢٠
- جدول رقم (٤-٢): أعلى المعدلات اليومية لغاز ثاني أكسيد الكبريت وغازات أكاسيد النيتروجين في موقع الرصد في سحب خلال عام ٢٠٢٠

# 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 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 عبدالله الثاني الصناعية في الكرك.

هدفت هذه الدراسة والتي استمرت للفترة (٢٠٢٠/١/١ - ٢٠٢٠/١٢/٣١) 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 موقعي الرصد في سحاب والكرك ولم يتم الرصد في موقع إربد لكامل فترة الرصد بسبب وجود مشكلة فنية في الجهاز. كما وتمت مراقبة مستويات أكاسيد النيتروجين ( $NO, NO_2, NO_x$ ) وأول أكسيد الكربون ( $CO$ ) وثنائي 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 المستخدم 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. على الرغم من تسجيل تجاوزين يوميين للجسيمات ( $PM_{2.5}$ ) في موقع الرصد في سحاب خلال فترة الدراسة الحالية، إلا أنها لم تتجاوز عدد مرات التجاوز المسموح بها في القاعدة الفنية الأردنية رقم ٢٠٠٦/١١٤٠. فيما تجاوز المعدل السنوي للجسيمات الحد المنصوص عليه في القاعدة الفنية الأردنية رقم ٢٠٠٦/١١٤٠. كانت الرياح السائدة في موقع الرصد في سحاب هي الرياح الساكنة بنسبة ٧٧,٥% تلتها الرياح الجنوبية بنسبة ٨,٩%.

• 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. كانت الرياح السائدة في موقع الرصد في إربد هي الرياح الساكنة بنسبة ٨٣,٦% تلتها الرياح الجنوبية بنسبة ٦,٦%. تمت مراقبة الجسيمات الدقيقة العالقة في الهواء بقطر يقل عن أو يساوي ٢,٥ ميكرون في موقع الرصد في إربد خلال الفترة (٢٠٢٠/٩/٤ - ٢٠٢٠/١٢/٣١) وقد تم تسجيل ٦ تجاوزات للحد اليومي المنصوص عليه في القاعدة الفنية الأردنية رقم ٢٠٠٦/١١٤٠.

• على الرغم من تسجيل تجاوزين يوميين للجسيمات (PM2.5) في موقع الرصد في الكرك خلال فترة الدراسة الحالية، إلا أنها لم تتجاوز عدد مرات التجاوز المسموح بها في القاعدة الفنية الأردنية رقم ٢٠٠٦/١١٤٠. فيما تجاوز المعدل السنوي الحد المنصوص عليه في القاعدة الفنية رقم ٢٠٠٦/١١٤٠. كانت الرياح السائدة في موقع الرصد في الكرك هي الرياح الساكنة بنسبة ٧٤,٣% تلتها الرياح الشمالية الغربية بنسبة ٢٠,١%.

أظهرت الدراسة حدوث تحسن في نوعية الهواء المحيط في أغلب مواقع الرصد خلال الفترة (٢٠٢٠/٣/١٨ - ٢٠٢٠/٤/١٥) نتيجة للإجراءات التي اتخذتها الحكومة الأردنية للحد من انتشار فيروس كورونا متمثلة بإيقاف أغلب الأنشطة الصناعية ومنع التنقل بين المحافظات والتزام ملايين الأشخاص منازلهم والذي أدى بدوره إلى انخفاض الانبعاثات الناجمة عن عوادم المركبات والأنشطة الصناعية والتجارية والبشرية. 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 ٢٠٢٠.

ملخص نتائج الرصد في مواقع الرصد خلال عام ٢٠٢٠

الملوثات	الموقع	أعلى معدل ساعي (جزء في المليون)	أعلى معدل يومي (جزء في المليون)	عدد تجاوزات المعدلات الساعية لحد المواصفة	عدد تجاوزات المعدلات اليومية لحد المواصفة	المعدل السنوي (جزء في المليون)
SO <sub>2</sub>	إربد	٠,١٢١	٠,٠٤٧	صفر	صفر	٠,٠٠٧
NO <sub>2</sub>		٠,٠٦٤	٠,٠٢٢	صفر	صفر	٠,٠١٠
CO		١,٤٦	* ٠,٦٤	صفر	صفر**	٠,١٦٧
PM <sub>2.5</sub>		لا يوجد حد في المواصفة	١٠٣	لا يوجد حد في المواصفة	٦	لم يتم احتسابه لأن نسبة الرصد كانت أقل من ٥٠%
SO <sub>2</sub>	سحاب	٠,٠٣٨	٠,٠١٣	صفر	صفر	٠,٠٠٤
NO <sub>2</sub>		٠,١١٨	٠,٠٦٧	صفر	صفر	٠,٠١٩
CO		٤,٤٩	*٢,٠٨	صفر	صفر**	٠,٣٤
PM <sub>2.5</sub>		--	١٠٣ ميكروغرام/م <sup>٣</sup>	لا يوجد حد في المواصفة	٢	٢٦ ميكروغرام/م <sup>٣</sup>
PM <sub>2.5</sub>	الكرك	--	١٦ ميكروغرام/م <sup>٣</sup>	لا يوجد حد في المواصفة	٢	١٨ ميكروغرام/م <sup>٣</sup>

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

عنصر القياس	SO <sub>2</sub>	NO <sub>2</sub>	NO	NOx	CO	PM <sub>2.5</sub>		
الحد الساعي	٠,٣ جزء في المليون	٠,٢١ جزء في المليون	لا يوجد حدود في المواصفة			٢٦ جزء في المليون	لا يوجد حد في المواصفة	
الحد اليومي	٠,١٤ جزء في المليون	٠,٠٨ جزء في المليون				٦٥ ميكروغرام/م <sup>٣</sup>	٩ جزء في المليون***	لا يوجد حد في المواصفة
الحد السنوي	٠,٠٤ جزء في المليون	٠,٠٥ جزء في المليون				١٥ ميكروغرام/م <sup>٣</sup>	لا يوجد حد في المواصفة	لا يوجد حد في المواصفة

\*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 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 (1/1/2020 – 31/12/2020) 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 ( $PM_{2.5}$ ) were monitored at two monitoring sites (Sahab & Karak),  $PM_{2.5}$  monitoring at Irbid site was not conducted for the entire monitoring period due to technical problem in the instrument. While the levels of nitrogen oxides ( $NO$ ,  $NO_2$  &  $NO_x$ ), carbon monoxide ( $CO$ ) and sulfur dioxide ( $SO_2$ ) 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 ( $SO_2$ ), carbon monoxide ( $CO$ ) and nitrogen dioxide ( $NO_2$ ) levels at Sahab site were within the allowable limits stated in JS 1140/2006 during the current study period. Although two daily exceedances of  $PM_{2.5}$  were recorded at the monitoring site in Sahab during the current study period, they did not exceed the allowable number of exceedances stated in JS 1140/2006. However, the annual average exceeded the annual limit stated in JS 1140/2006. The prevailing wind direction at Sahab site was calm wind with 77.5% followed by southern wind with 8.9%.

- Sulfur dioxide (SO<sub>2</sub>), carbon monoxide (CO) and nitrogen dioxide (NO<sub>2</sub>) levels at Irbid site were within the allowable limits stated in JS 1140/2006 during the current study period. The prevailing wind direction at Irbid site was calm wind with 83.6% followed by southern wind with 6.6%. PM<sub>2.5</sub> at Irbid site was monitored during the period (4/9/2020 - 31/12/2020), and 6 daily exceedances were recorded.
- Although two daily exceedances of PM<sub>2.5</sub> were recorded at the monitoring site in Karak during the current study period, they did not exceed the allowable number of exceedances stated in JS 1140/2006. However, the annual average exceeded the annual limit stated in JS 1140/2006. The prevailing wind direction at the monitoring site in Karak was calm wind with 74.3%, followed by northwest wind with 20.1%.

The study concluded that there was an improvement in the ambient air quality in most of the monitoring sites during the period (18/3/2020 - 15/4/2020) as a result of the precautionary and strict measures taken by the Jordanian Government to contain the spread of COVID-19 by reducing transportation, closing some industrial activities and all private businesses, and imposing the partial and complete lockdown across the Kingdom. 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 حالياً 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 أو يساوي 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 ( $NO, NO_2, NO_x$ ) 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 الوطني (JAS) لقياسات غازات ثاني أكسيد الكبريت ( $SO_2$ ) وأول أكسيد الكربون ( $CO$ ) وأكاسيد النيتروجين ( $NO, NO_2, NO_x$ ) وتم الحصول على نظام الاعتماد الأردني في ISO17025:2017 من قبل وحدة الاعتماد الوطني (JAS) للجسيمات ( $PM_{2.5}$ ) بتاريخ ٢٥/١١/٢٠٢٠.

يغطي هذا التقرير السنوي نتائج الرصد التي تم الحصول عليها خلال فترة الرصد من ٢٠٢٠/١/١ ولغاية ٢٠٢٠/١٢/٣١.

## 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 (١٣٦٧١) 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.

<sup>١</sup> التقرير السنوي لعام ٢٠١٩ المنشور على الموقع الإلكتروني لشركة المدن الصناعية الأردنية.

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.

### 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 عمّان 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 ومن المتوقع الإنتهاء من أعمال التوسعة والتطوير لهذه المرحلة وبدء استقطاب الاستثمارات إليها خلال عام ٢٠٢١. استقطبت مدينة الحسن الصناعية (١٣٧) شركة صناعية ووفرت المشاريع العاملة في هذه المدينة (٣٨٠٤٧) 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 عمّان وترتبط بميناء العقبة على البحر الأحمر بطريق سريع، تبلغ مساحتها الإجمالية (١٨٥٦) دونم واستقطبت هذه المدينة (٣٥) شركة صناعية ووفرت (٤١٨٥) فرصة عمل. تشمل هذه المدينة الصناعية القطاعات التالية: نسيجية وغذائية ودوائية وإنشائية وبلاستيكية وكيماوية.

### ٢-١ أهداف الدراسة

هدفت هذه الدراسة والتي امتدت من ٢٠٢٠/١/١ - ٢٠٢٠/١٢/٣١ 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 الملانمة.
- 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	٠,٣ جزء في المليون	٣ مرات خلال أي ١٢ شهر
	٢٤ ساعة	٠,١٤ جزء في المليون	مرة واحدة في السنة
	سنوي	٠,٠٤ جزء في المليون	----
أول أكسيد الكربون (CO)	ساعة واحدة	٢٦ جزء في المليون	٣ مرات خلال أي ١٢ شهر
	٨ ساعات	٩ جزء في المليون	٣ مرات خلال أي ١٢ شهر
ثاني أكسيد النيتروجين (NO <sub>2</sub> )	ساعة واحدة	٠,٢١ جزء في المليون	٣ مرات خلال أي ١٢ شهر
	٢٤ ساعة	٠,٠٨ جزء في المليون	٣ مرات خلال أي ١٢ شهر
	سنوي	٠,٠٥ جزء في المليون	----
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 وتواجهه 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.

### ١-٣-٢ 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 أخطاراً صحية.

### ١-٣-٣ 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 كناتج 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.

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

هناك عدة 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 عادة 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 سحب وإرید والكرك وتقع ما أمكن في مهب الرياح السائدة بعد مرورها بالمدينة الصناعية (downwind) وقد تم إنشاء كرفانات مهياةً ومكيفة لأجهزة الرصد. وقد تم اختيار مواقع الرصد بحيث تغطي أهم التجمعات السكانية والتي تتعرض لمصادر تلوث الهواء المختلفة سواء كانت مصادر متحركة أو مصادر ثابتة. يبين الجدول رقم (٢-١) والخرائط في ملحق رقم (١) مواقع الرصد بالنسبة للمدن الصناعية. بينما يبين الجدول رقم (٣-١) والصور رقم ((١-١) - (١-٣)) 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 مناشير 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 ٢٠٢٠ بـ ١٩١٨٠٠.



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 ولم يتم رصد الجسيمات الدقيقة بقطر يقل عن أو يساوي ٢,٥ ميكرون لكامل فترة الرصد بسبب مشكلة فنية في الجهاز. ويُقدر عدد سكان محافظة إربد حتى نهاية عام ٢٠٢٠ بـ ٢٠٠٣٨٠٠.

<sup>٢</sup> عدد سكان المملكة المقدر حسب المحافظة والجنس في نهاية ٢٠٢٠، دائرة الإحصاءات العامة



الشكل رقم (٢-١): موقع الرصد في إربد

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 ٢٠٢٠ بـ ٣٥٨٤٠٠.



الشكل رقم (٣-١): موقع الرصد في الكرك

<sup>٣</sup> عدد سكان المملكة المقدر حسب المحافظة والجنس في نهاية ٢٠٢٠، دائرة الإحصاءات العامة

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 <

#### ٥-١ أسلوب العمل وأجهزة القياس المستخدمة

يبين الجدول رقم (٤-١) الأجهزة المستخدمة في عملية الرصد، ومبدأ عمل كل منها. تم 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 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 يتم 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 كما هو مبين في الجداول المرفقة في الملحق رقم (٢).

جدول رقم (١-٤): 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 <sup>٤</sup>
Wind Speed and Direction, Relative Humidity and Temperature	-----	تسجيل سرعة واتجاه الرياح، ودرجة الحرارة والرطوبة النسبية للهواء المحيط إلكترونياً وبشكل متواصل	سحاب وإربد والكرك

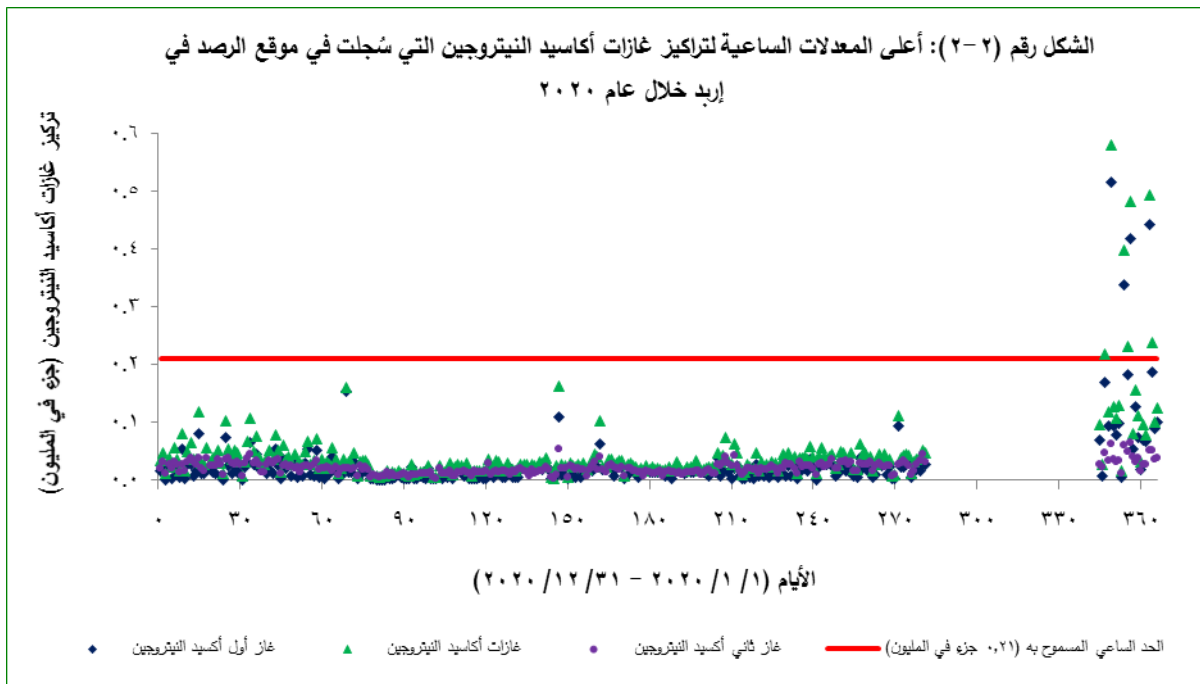
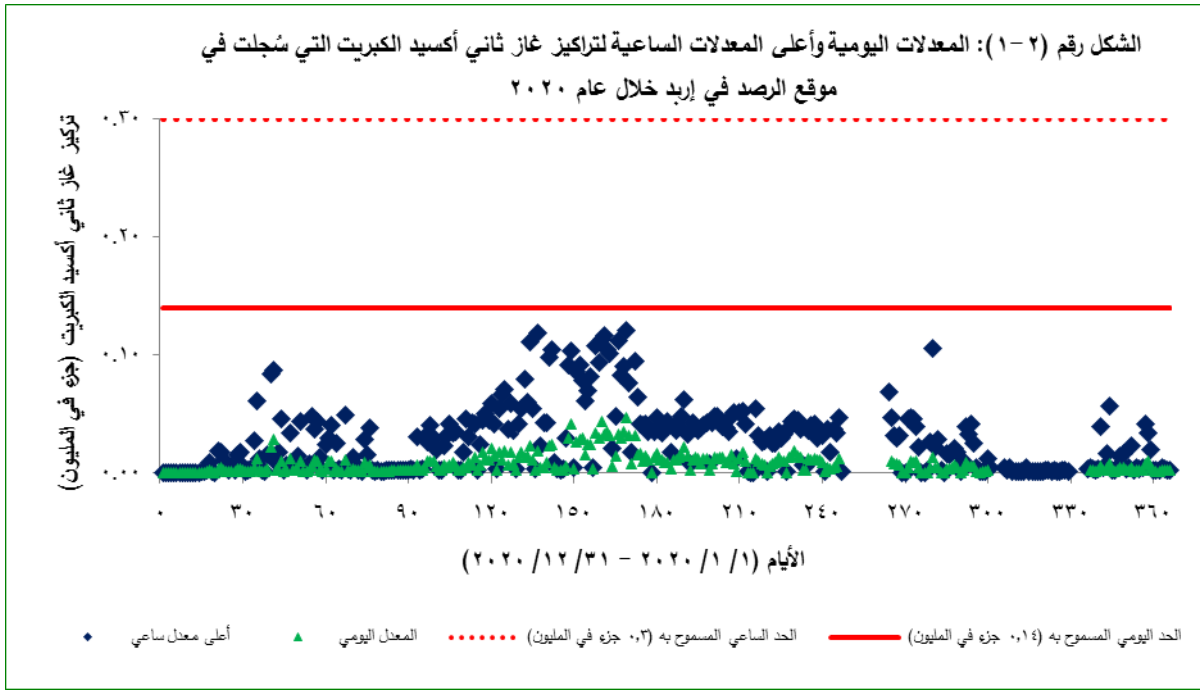
<sup>٤</sup> حسب الاتفاقية الموقعة مع وزارة البيئة فإنه يجب رصد الجسيمات (PM<sub>2.5</sub>) في مدينة الحسنة الصناعية في إربد. ولكن لم يتم الرصد لكامل الفترة خلال عام ٢٠٢٠ بسبب وجود مشكلة فنية في الجهاز.



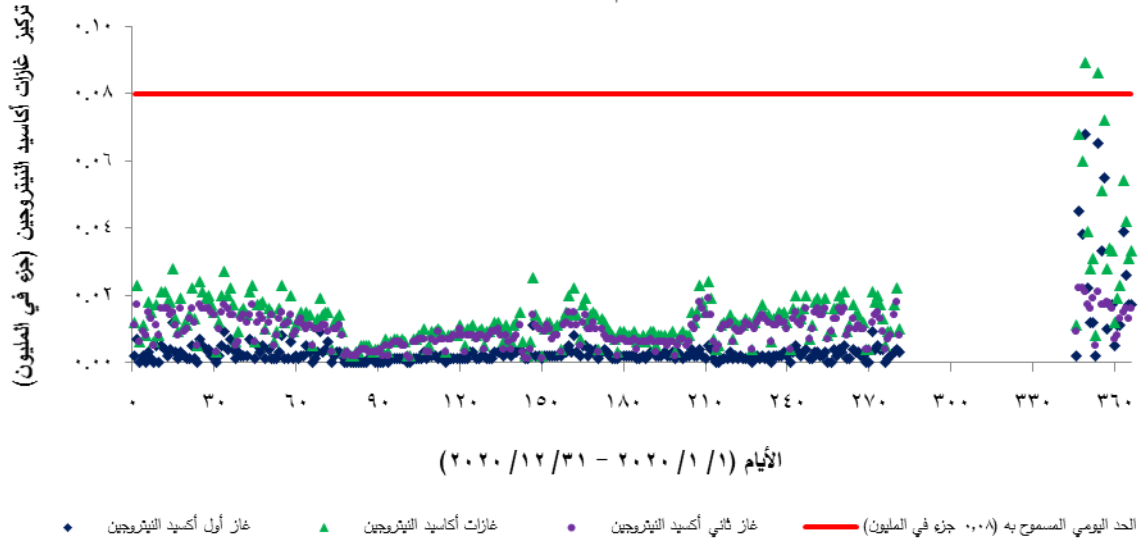
## ٢. نتائج الدراسة

### ١-٢ مدينة الحسن الصناعية/إربد

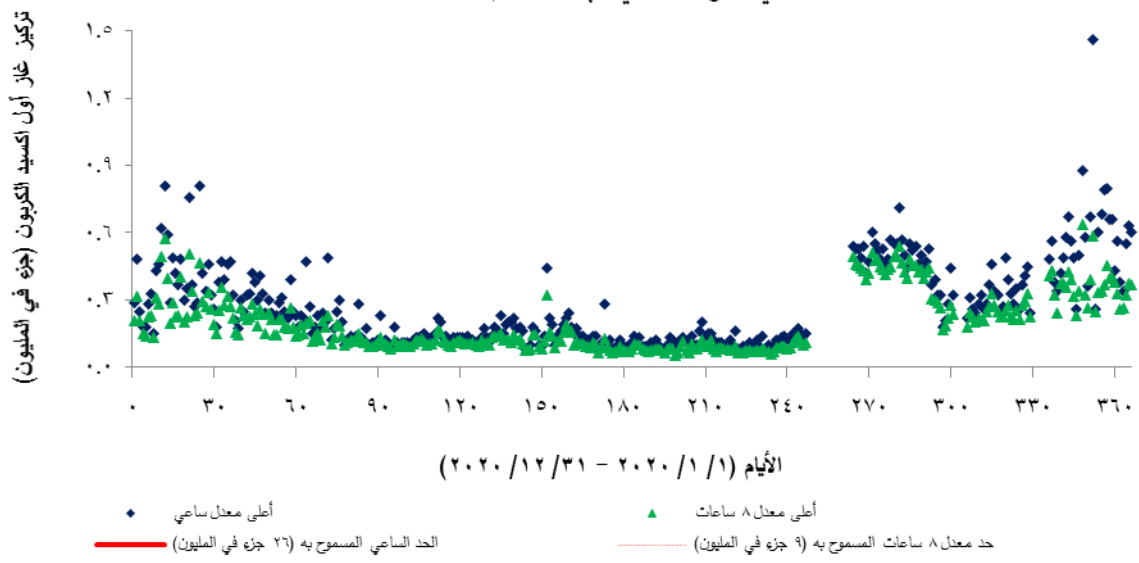
تم رصد غاز ثاني أكسيد الكبريت ( $SO_2$ ) وغازات أكاسيد النيتروجين ( $NO$ ,  $NO_x$  &  $NO_2$ ) وغاز أول أكسيد الكربون ( $CO$ ) في موقع الرصد في إربد. وقد أظهرت نتائج الرصد خلال عام ٢٠٢٠ أن مستويات الملوثات الغازية ( $SO_2$ ,  $NO_2$  &  $CO$ ) كانت ضمن الحدود المنصوص عليها في القاعدة الفنية الأردنية رقم ٢٠٠٦/١١٤٠ كما هو مبين في الأشكال من (١-٢) إلى (٤-٢).



الشكل رقم (٢-٣): المعدلات اليومية لتراكيز غازات أكاسيد النيتروجين التي سُجلت في موقع الرصد في إربد خلال عام ٢٠٢٠



الشكل رقم (٢-٤): أعلى المعدلات الساعية وأعلى معدل ٨ ساعات لتراكيز غاز أول أكسيد الكربون التي سُجلت في موقع الرصد في إربد خلال عام ٢٠٢٠



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 ٠,١٢١ جزء في المليون و٠,٠٦٤ جزء في المليون لغاز ثاني أكسيد النيتروجين و١,٤٦ جزء في المليون لغاز أول أكسيد الكربون. كما يبين الجدول رقم (٢-٢) أن أعلى معدل يومي لغاز ثاني أكسيد الكبريت بلغ ٠,٠٤٧ جزء في المليون والذي سجل بتاريخ ٢٠٢٠/٦/١٧ في حين بلغ أعلى معدل يومي لغاز ثاني أكسيد النيتروجين ٠,٠٢٢ جزء في المليون والذي سجل بتاريخ ٢٠٢٠/١٢/١٢.

كما تم رصد الجسيمات ( $PM_{2.5}$ ) في موقع الرصد في إربد خلال الفترة (٢٠٢٠/٩/٤ - ٢٠٢٠/١٢/٣١) وقد تم تسجيل ٦ تجاوزات يومية للحد المنصوص عليه في القاعدة الفنية الأردنية رقم ٢٠٠٦/١١٤٠. وقد بلغ أعلى معدل يومي ١٠٣ ميكروغرام/م<sup>٣</sup> والذي سُجل بتاريخ ٢٠٢٠/٩/٤.

جدول رقم (٢-١): أعلى المعدلات الساعية للملوثات الغازية في موقع الرصد في إربد خلال عام ٢٠٢٠.

الغاز	أعلى معدل ساعي (جزء في المليون)	وقت حدوث أعلى معدل ساعي - تاريخ الحدث	عدد تجاوزات المعدلات الساعية لحد المواصفة	النسبة المئوية لتجاوزات المعدلات الساعية (%)
غاز ثاني أكسيد الكبريت	٠,١٢١	٩:٠٠ ٢٠٢٠/٦/١٧	صفر	صفر
غاز ثاني أكسيد النيتروجين	٠,٠٦٤	١٦:٠٠ ٢٠٢٠/١٢/٢١	صفر	صفر
غاز أول أكسيد النيتروجين	٠,٥١٥	١٢:٠٠ ٢٠٢٠/١٢/١٤	لا يوجد حد في المواصفات الوطنية	
غازات أكاسيد النيتروجين	٠,٥٧٨	١٢:٠٠ ٢٠٢٠/١٢/١٤		
الغاز	أعلى معدل ساعي (جزء في المليون)	وقت حدوث أعلى معدل ساعي - تاريخ الحدث	أعلى معدل ٨-ساعات (جزء في المليون)	تاريخ حدوث أعلى معدل ٨-ساعات
غاز أول أكسيد الكربون	١,٤٦	٦:٠٠ ٢٠٢٠/١٢/١٧	٠,٦٤	٢٠٢٠/١٢/١٣

جدول رقم (٢-٢): أعلى المعدلات اليومية لغاز ثاني أكسيد الكبريت وغازات أكاسيد النيتروجين في موقع الرصد في إربد خلال عام ٢٠٢٠.

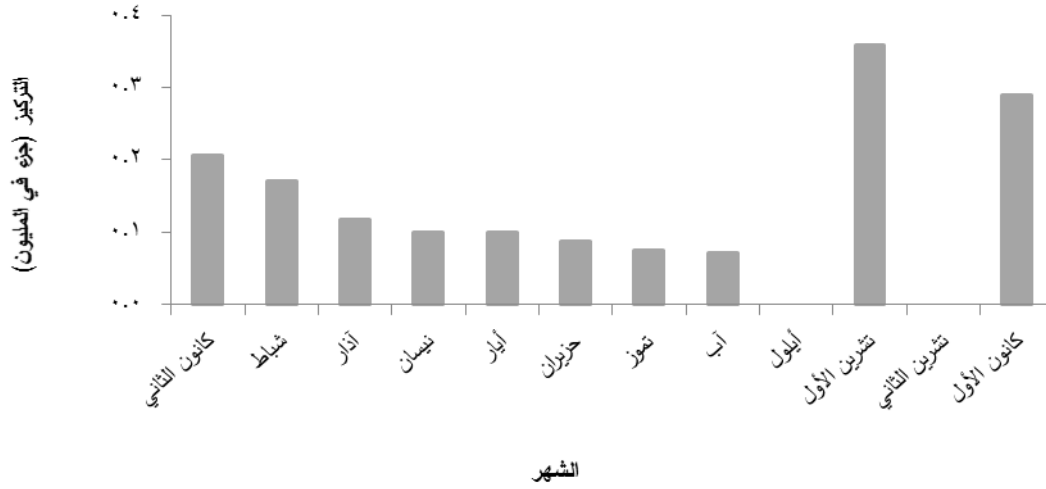
الغاز	أعلى معدل يومي (جزء في المليون)	تاريخ حدوث أعلى معدل يومي	عدد تجاوزات المعدلات اليومية لحد المواصفة	النسبة المئوية لتجاوزات المعدلات اليومية (%)
غاز ثاني أكسيد الكبريت	٠,٠٤٧	٢٠٢٠/٦/١٧	صفر	صفر
غاز ثاني أكسيد النيتروجين	٠,٠٢٢	٢٠٢٠/١٢/١٢	صفر	صفر
غاز أول أكسيد النيتروجين	٠,٠٦٨	٢٠٢٠/١٢/١٤	لا يوجد حد في المواصفات الوطنية	
غازات أكاسيد النيتروجين	٠,٠٨٩	٢٠٢٠/١٢/١٤		

يبين الشكل رقم (٢-٥) 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 ٠,٠٢٢ جزء في المليون خلال شهر حزيران ٢٠٢٠. كما سُجل أعلى معدل شهري لغاز ثاني أكسيد النيتروجين والبالغ ٠,٠١٢ جزء في المليون في موقع الرصد في إربد خلال أشهر كانون الثاني وشباط وأيلول ٢٠٢٠. ومن الجدير بالذكر بأنه حدث انقطاع في رصد غاز ثاني أكسيد الكبريت لعدة أيام خلال شهر أيلول وتشيرين الثاني ٢٠٢٠ بسبب فصل في التيار الكهربائي أو لعدم القدرة إلى الوصول إلى موقع الرصد بسبب فرض حالة الحظر الشامل. وانقطع رصد غاز ثاني أكسيد النيتروجين لعدة أيام خلال أشهر تشرين الأول وتشيرين الثاني وكانون الأول ٢٠٢٠ بسبب فصل في التيار الكهربائي أو لأسباب فنية تتعلق بإجراء الصيانة التصحيحية للجهاز. علماً بأنه لم يتم تضمين المعدلات الشهرية للأشهر التي تجاوزت نسبة انقطاع الرصد فيها عن ٢٥%.



كما يبين الشكل رقم (٢-٦) أن أعلى معدل شهري لغاز أول أكسيد الكربون سُجل خلال شهر تشرين الأول ٢٠٢٠ في موقع الرصد في إربد حيث بلغت قيمته ٠,٣٥٩ جزء في المليون. ومن الجدير بالذكر بأنه حدث انقطاع في رصد غاز أول أكسيد الكربون لعدة أيام خلال شهري أيلول وتشيرين الثاني ٢٠٢٠ بسبب فصل التيار الكهربائي أو لعدم القدرة إلى الوصول إلى موقع الرصد بسبب فرض حالة الحظر الشامل. علماً بأنه لم يتم تضمين المعدلات الشهرية للأشهر التي تجاوزت نسبة انقطاع الرصد فيها عن ٢٥%.

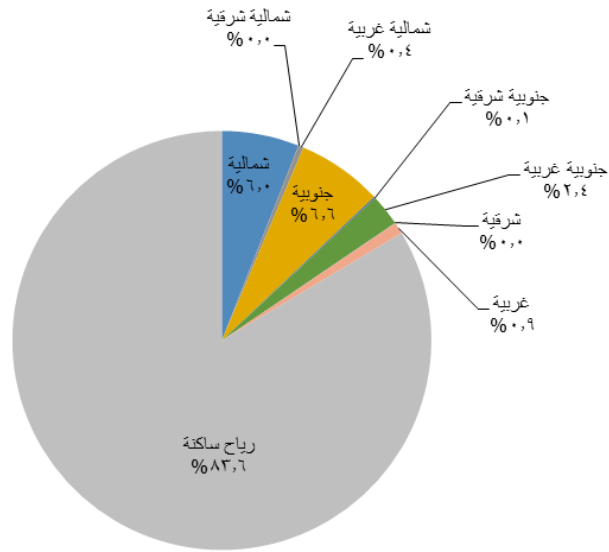
الشكل رقم (٢-٦): المعدلات الشهرية لتراكيز غاز أول أكسيد الكربون التي سُجلت في موقع الرصد إربد خلال عام ٢٠٢٠



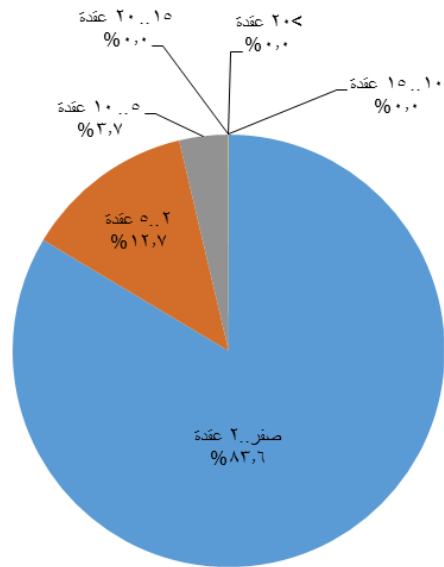
وكانت المعدلات السنوية للملوثات الغازية التي تم رصدها في هذا الموقع خلال عام ٢٠٢٠ ضمن الحدود المنصوص عليها في القاعدة الفنية الأردنية رقم ٢٠٠٦/١١٤٠ والمبيّنة في الجدول رقم (١-١)، حيث بلغ المعدل السنوي لغاز ثاني أكسيد الكبريت ٠,٠٠٧ جزء في المليون و ٠,٠١٠ جزء في المليون لغاز ثاني أكسيد النيتروجين. كما بلغ المعدل السنوي لغاز أول أكسيد الكربون ٠,١٦٧ جزء في المليون، علماً بأنه لا يوجد حد سنوي منصوص عليه في القاعدة الفنية الأردنية رقم ٢٠٠٦/١١٤٠ لغاز أول أكسيد الكربون.

تبين الأشكال (٢-٧) و (٢-٨) نتائج رصد سرعة واتجاه الرياح في موقع الرصد في إربد خلال عام ٢٠٢٠، حيث أظهرت هذه الأشكال أن الرياح السائدة في موقع الرصد كانت الرياح الساكنة حيث تواجدت بنسبة ٨٣,٦% تليها الرياح الجنوبية بنسبة ٦,٦%.

الشكل رقم (٢-٧): توزيع اتجاه الرياح في موقع الرصد في إربد خلال عام ٢٠٢٠

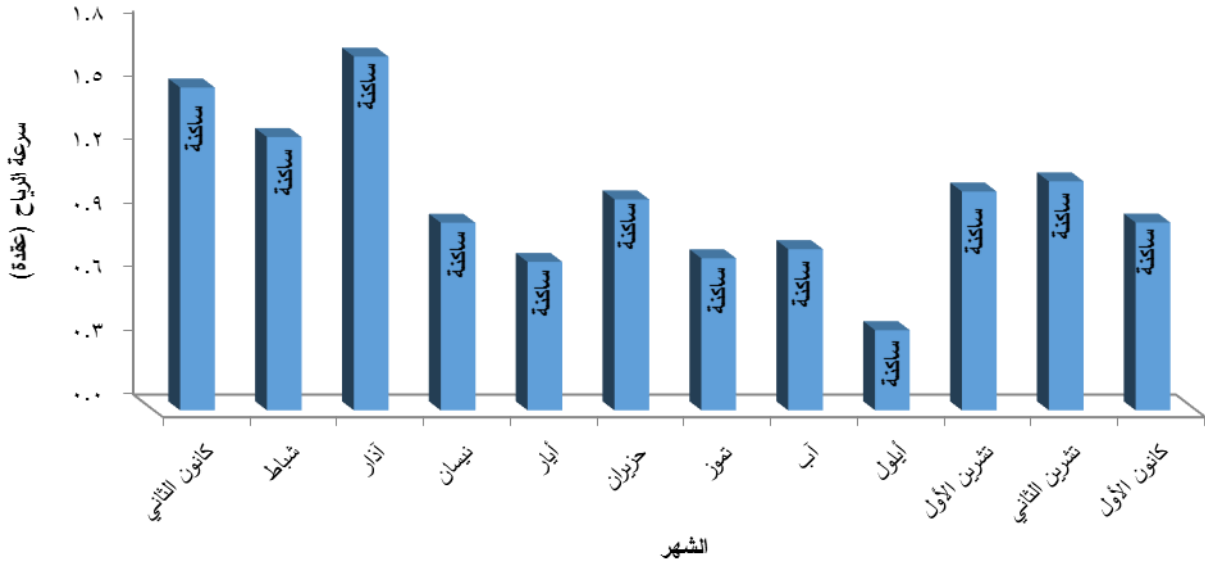


الشكل رقم (٢-٨): توزيع سرعة الرياح (عقدة) في موقع الرصد في إربد خلال عام ٢٠٢٠



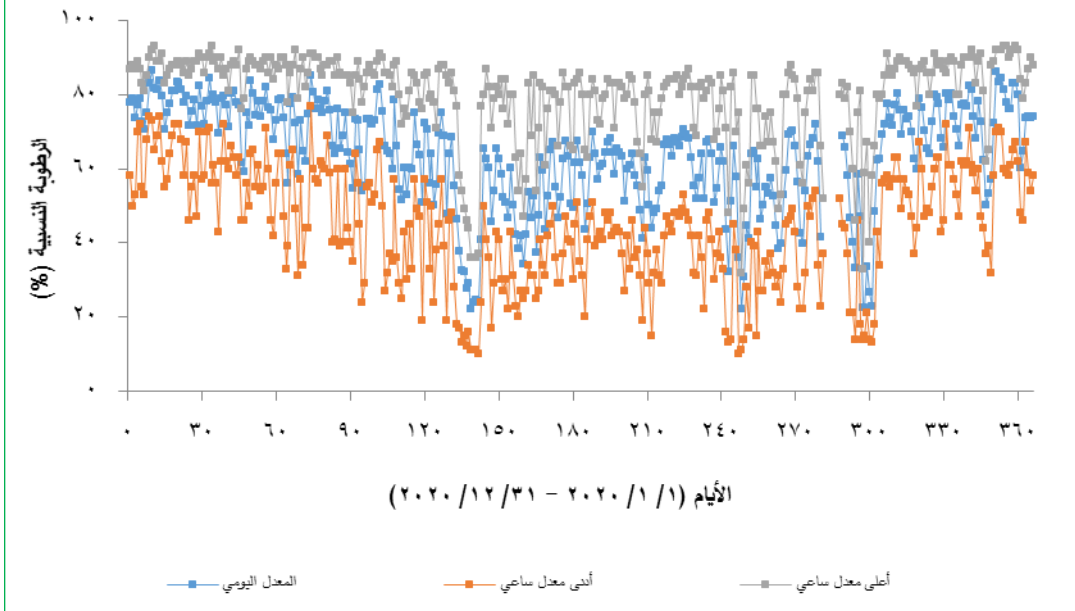
ويبين الشكل رقم (٢-٩) اتجاه الرياح السائدة والمعدل الشهري لسرعة الرياح لكل شهر من أشهر الرصد في موقع الرصد. حيث يلاحظ أن الرياح الساكنة كانت سائدة خلال جميع الأشهر.

الشكل رقم (٢-٩): المعدلات الشهرية لسرعة الرياح (عقدة) واتجاه الرياح السائدة خلال كل شهر من أشهر الرصد في إربد خلال عام ٢٠٢٠

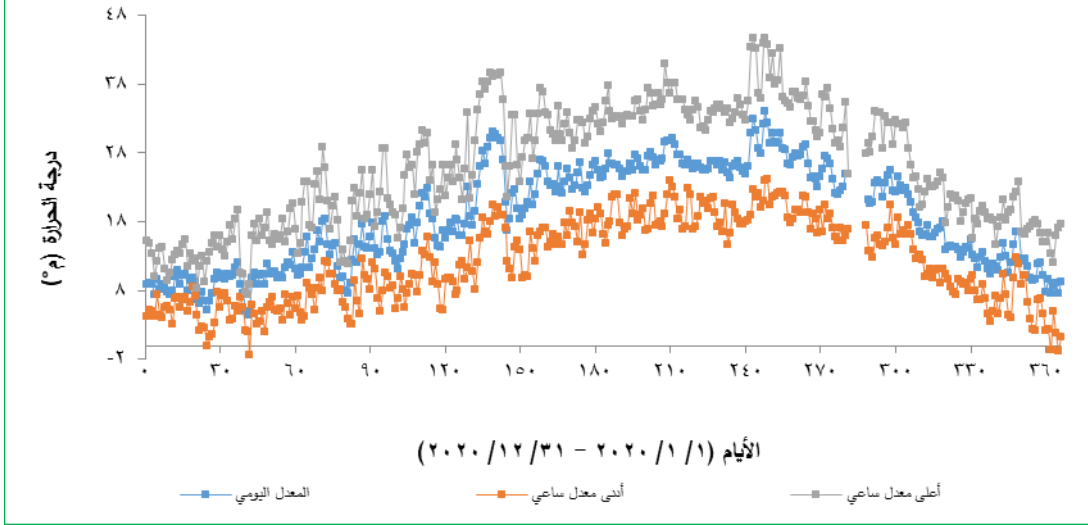


يظهر الشكلان رقم (٢-١٠) و (٢-١١) المعدلات اليومية وأعلى وأدنى المعدلات الساعية للرطوبة النسبية ودرجة الحرارة المسجلة يومياً في موقع الرصد في إربد خلال عام ٢٠٢٠.

الشكل رقم (٢-١٠): المعدلات اليومية والمعدلات الساعية القصوى والأدنى المسجلة يومياً للرطوبة النسبية في موقع الرصد في إربد خلال عام ٢٠٢٠



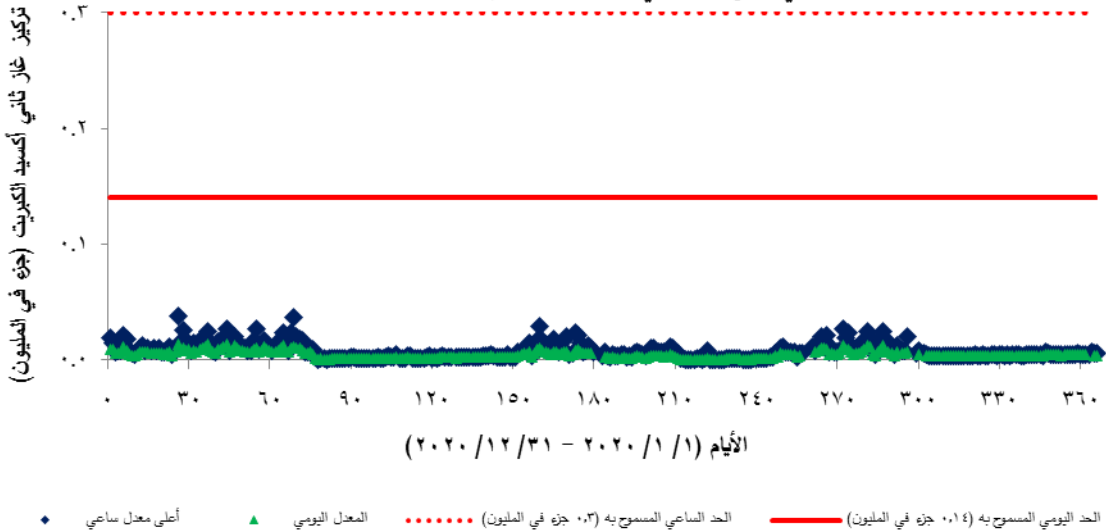
الشكل رقم (٢-١١): المعدلات اليومية والمعدلات الساعية القصوى والأدنى المسجلة يومياً لدرجة الحرارة في موقع الرصد في إربد خلال عام ٢٠٢٠



## ٢-٢ مدينة عبدالله الثاني بن الحسين الصناعية/عنان - سحب

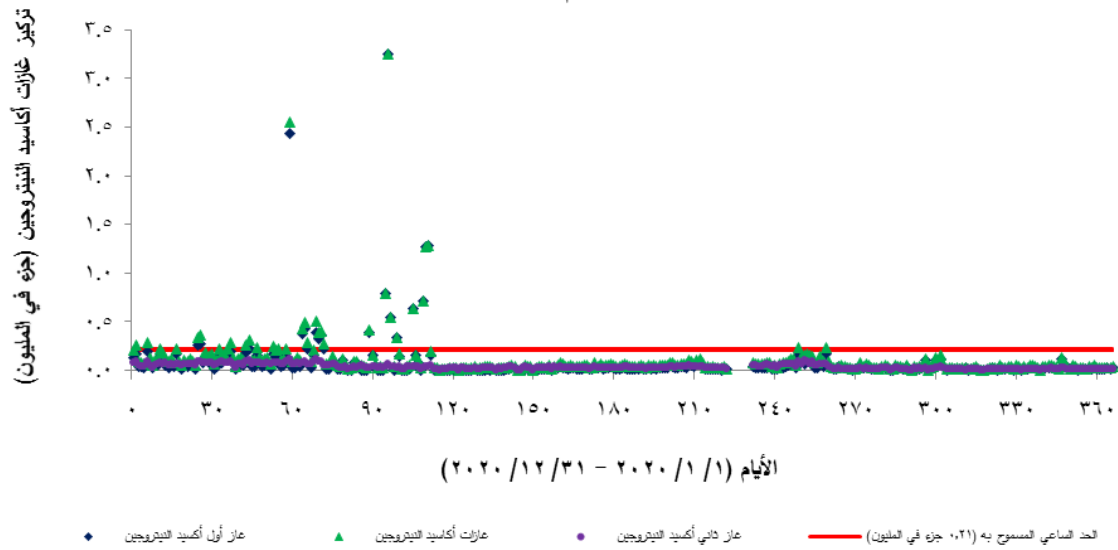
تم رصد غاز ثاني أكسيد الكبريت ( $SO_2$ ) وغازات أكاسيد النيتروجين ( $NO$ ,  $NO_x$  &  $NO_2$ ) وغاز أول أكسيد الكربون ( $CO$ ) والجسيمات بقطر يقل عن أو يساوي  $2,5$  ميكرون في موقع الرصد في سحب. وقد أظهرت نتائج الرصد خلال عام ٢٠٢٠ أن مستويات الملوثات الغازية ( $SO_2$ ,  $NO_2$  &  $CO$ ) كانت ضمن الحدود المنصوص عليها في القاعدة الفنية الأردنية رقم ٢٠٠٦/١١٤٠ كما هو مبين في الأشكال من (٢-١٢) إلى (٢-١٥).

الشكل رقم (٢-١٢): المعدلات اليومية وأعلى المعدلات الساعية لتراكيز غاز ثاني أكسيد الكبريت التي سُجلت في موقع الرصد في سحب خلال عام ٢٠٢٠

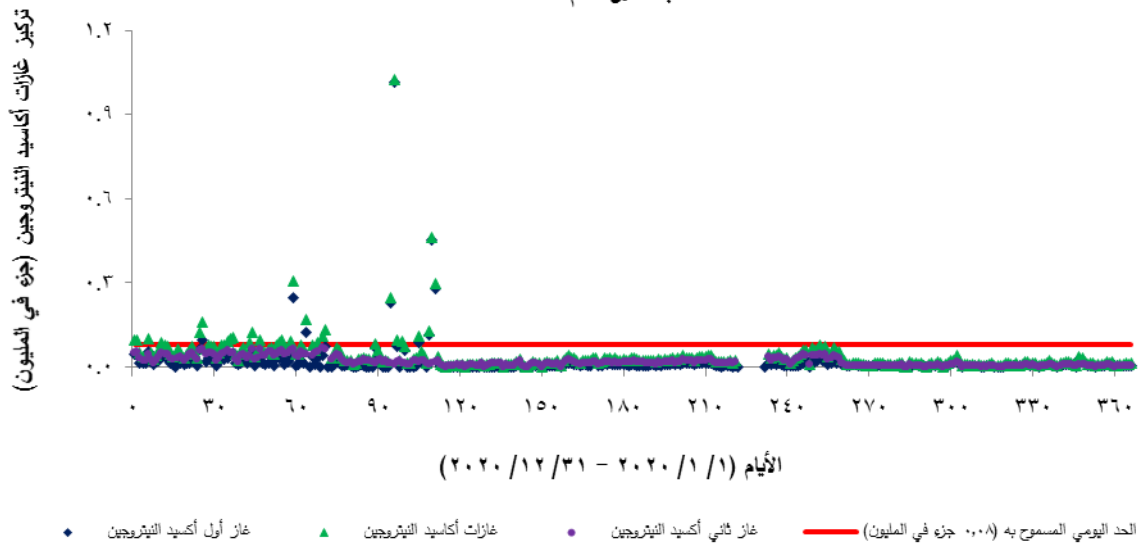




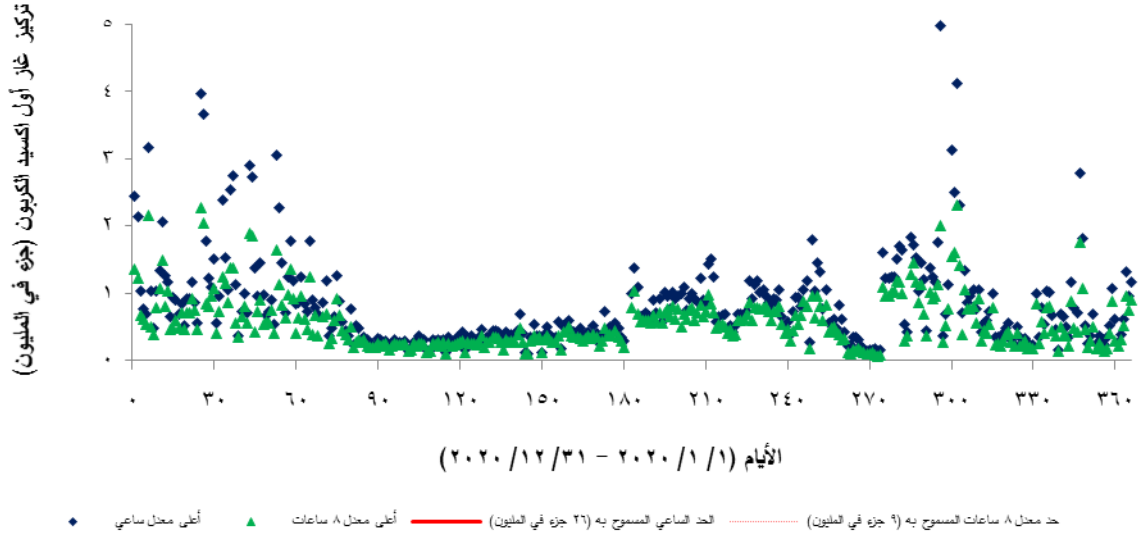
الشكل رقم (٢-١٣): أعلى المعدلات الساعية لتراكيز غازات أكاسيد النيتروجين التي سُجلت في موقع الرصد في  
سحاب خلال عام ٢٠٢٠



الشكل رقم (٢-١٤): المعدلات اليومية لتراكيز غازات أكاسيد النيتروجين التي سُجلت في موقع الرصد في  
سحاب خلال عام ٢٠٢٠



الشكل رقم (٢-١٥): أعلى المعدلات الساعية وأعلى معدل ٨ ساعات لتراكيز غاز أول أكسيد الكربون التي سُجلت في موقع الرصد في سحب خلال عام ٢٠٢٠



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 ٠,٠٣٨ جزء في المليون و٠,١١٨ جزء في المليون لغاز ثاني أكسيد النيتروجين و٤,٤٩ جزء في المليون لغاز أول أكسيد الكربون. كما يبين الجدول رقم (٢-٤) أن أعلى معدل يومي لغاز ثاني أكسيد الكبريت بلغ ٠,٠١٣ جزء في المليون والذي سُجل بتاريخ ٢٠٢٠/٢/١٣ في حين بلغ أعلى معدل يومي لغاز ثاني أكسيد النيتروجين ٠,٠٦٧ جزء في المليون والذي سُجل بتاريخ ٢٠٢٠/٣/١٠.

جدول رقم (٢-٣): أعلى المعدلات الساعية للملوثات الغازية في موقع الرصد في سحب خلال عام ٢٠٢٠.

الغاز	أعلى معدل ساعي (جزء في المليون)	وقت حدوث أعلى معدل ساعي - تاريخ الحدث	عدد تجاوزات المعدلات الساعية لحد المواصفات	النسبة المئوية لتجاوزات المعدلات الساعية (%)
غاز ثاني أكسيد الكبريت	٠,٠٣٨	١٥:٠٠ ٢٠٢٠/١/٢٦	صفر	صفر
غاز ثاني أكسيد النيتروجين	٠,١١٨	١٥:٠٠ ٢٠٢٠/٢/٢٨	صفر	صفر
غاز أول أكسيد النيتروجين	٣,٢٤٦	١٦:٠٠ ٢٠٢٠/٤/٥	لا يوجد حد في المواصفات الوطنية	
غازات أكاسيد النيتروجين	٣,٢٤٦	١٦:٠٠ ٢٠٢٠/٤/٥		

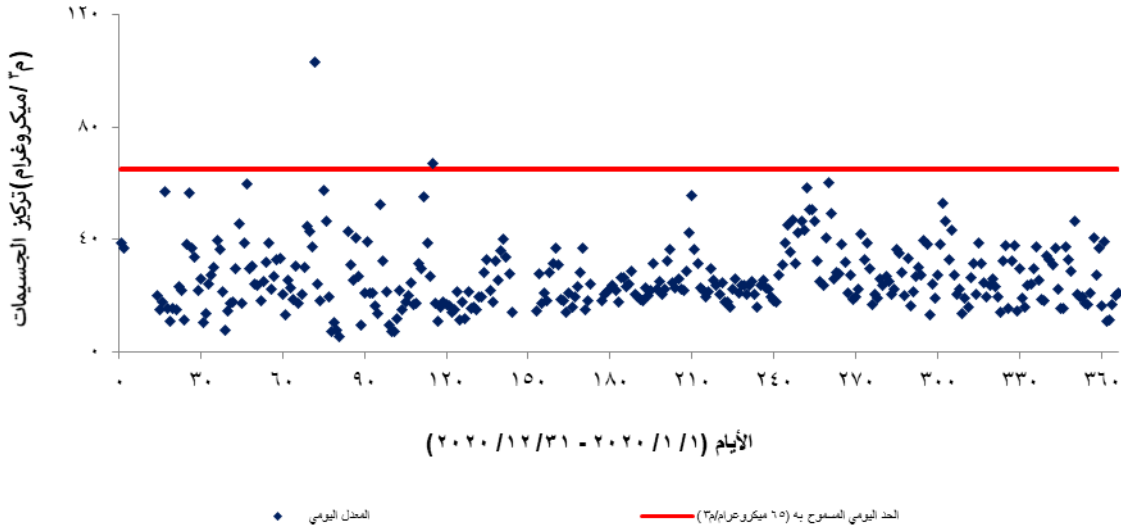
الغاز	أعلى معدل ساعي (جزء في المليون)	وقت حدوث أعلى معدل ساعي - تاريخ الحدث	أعلى معدل ٨-ساعات (جزء في المليون)	تاريخ حدوث أعلى معدل ٨-ساعات
غاز أول أكسيد الكربون	٤,٤٩	٢١:٠٠ ٢٠٢٠/١٠/٢٢	٢,٠٨	٢٠٢٠/١٠/٢٨

جدول رقم (٢-٤): أعلى المعدلات اليومية لغاز ثاني أكسيد الكبريت وغازات أكاسيد النيتروجين في موقع الرصد في سحاب خلال عام ٢٠٢٠.

الغاز	أعلى معدل يومي (جزء في المليون)	تاريخ حدوث أعلى معدل يومي	عدد تجاوزات المعدلات اليومية لحد المواصفات	النسبة لتجاوزات المعدلات اليومية (%)
غاز ثاني أكسيد الكبريت	٠,٠١٣	٢٠٢٠/٢/١٣	صفر	صفر
غاز ثاني أكسيد النيتروجين	٠,٠٦٧	٢٠٢٠/٣/١٠	صفر	صفر
غاز أول أكسيد النيتروجين	١,٠١٦	٢٠٢٠/٤/٥	لا يوجد حد في المواصفات الوطنية	
غازات أكاسيد النيتروجين	١,٠٢٥	٢٠٢٠/٤/٥		

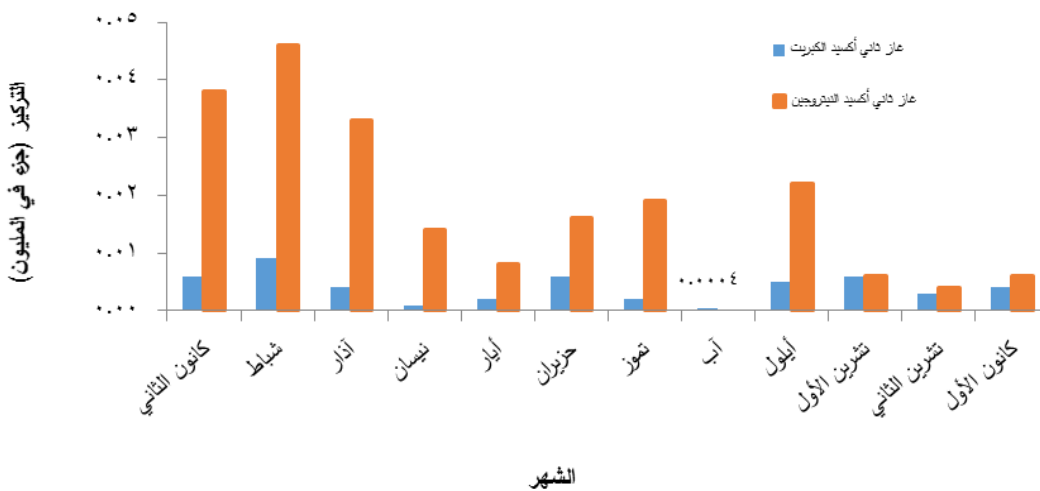
ويبين الشكل رقم (٢-١٦) المعدلات اليومية لتراكيز الجسيمات الدقيقة العالقة في الهواء بقطر يقل عن أو يساوي ٢,٥ ميكرون ( $PM_{2.5}$ ) في موقع الرصد في سحاب. ويلاحظ أنه تم تسجيل تجاوزين فقط للحد اليومي المنصوص عليه في القاعدة الفنية الأردنية رقم ٢٠٠٦/١١٤٠ للجسيمات الدقيقة  $PM_{2.5}$  خلال فترة الرصد (٢٠٢٠/١٢/٣١ - ٢٠٢٠/١/١) إلا أنها لم تتجاوز العدد المسموح به للتجاوزات والبالغ ٣ تجاوزات خلال أي ١٢ شهر متتالياً.

الشكل رقم (٢-١٦): المعدلات اليومية لتراكيز الجسيمات (PM<sub>2.5</sub>) التي سُجّلت في موقع الرصد في سحاب خلال عام ٢٠٢٠

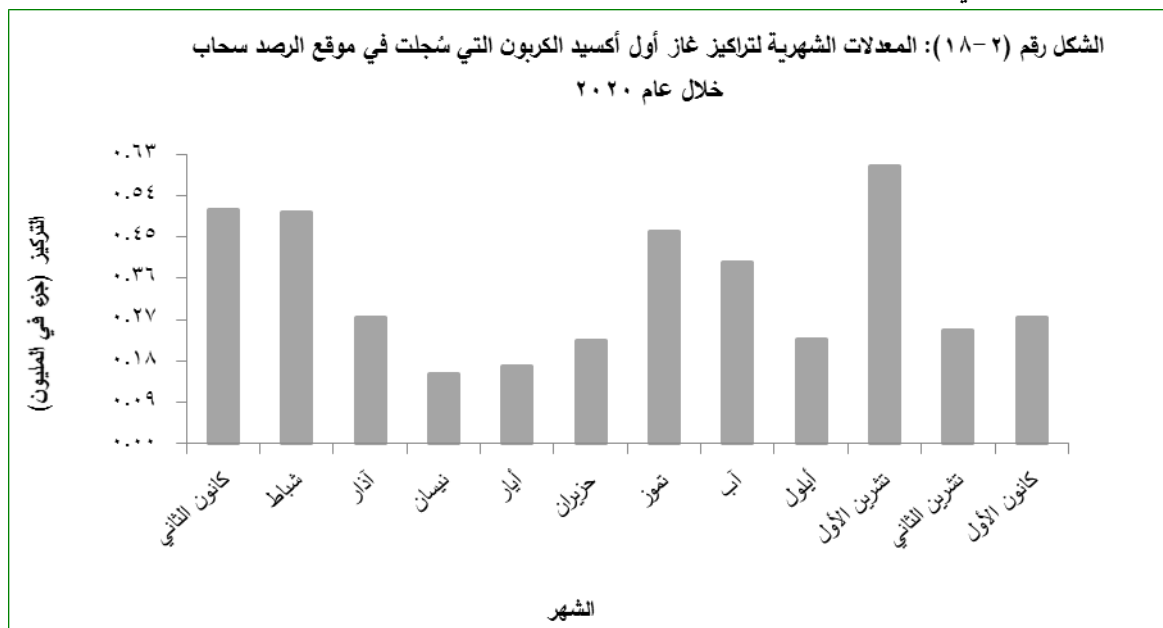


يبين الشكل رقم (٢-١٧) نتائج المعدلات الشهرية لغاز ثاني أكسيد الكبريت وغاز ثاني أكسيد النيتروجين في موقع الرصد في سحاب. حيث كانت المعدلات الشهرية لغاز ثاني أكسيد الكبريت في هذا الموقع منخفضة ومتقاربة خلال كامل فترة الرصد وسُجل أعلى معدل شهري خلال شهر شباط ٢٠٢٠ حيث بلغ ٠,٠٠٩ جزء في المليون. فيما بلغ أعلى معدل شهري لغاز ثاني أكسيد النيتروجين في موقع الرصد في سحاب ٠,٠٤٦ جزء في المليون والذي سُجل خلال شهر شباط ٢٠٢٠. حدث انقطاع في رصد غاز ثاني أكسيد النيتروجين لعدة أيام خلال شهر آب ٢٠٢٠ لأسباب فنية تتعلق بإجراء الصيانة التصحيحية للجهاز، لذلك لم يتم احتساب المعدل الشهري خلال هذا الشهر حيث تجاوزت نسبة انقطاع الرصد ٢٥%.

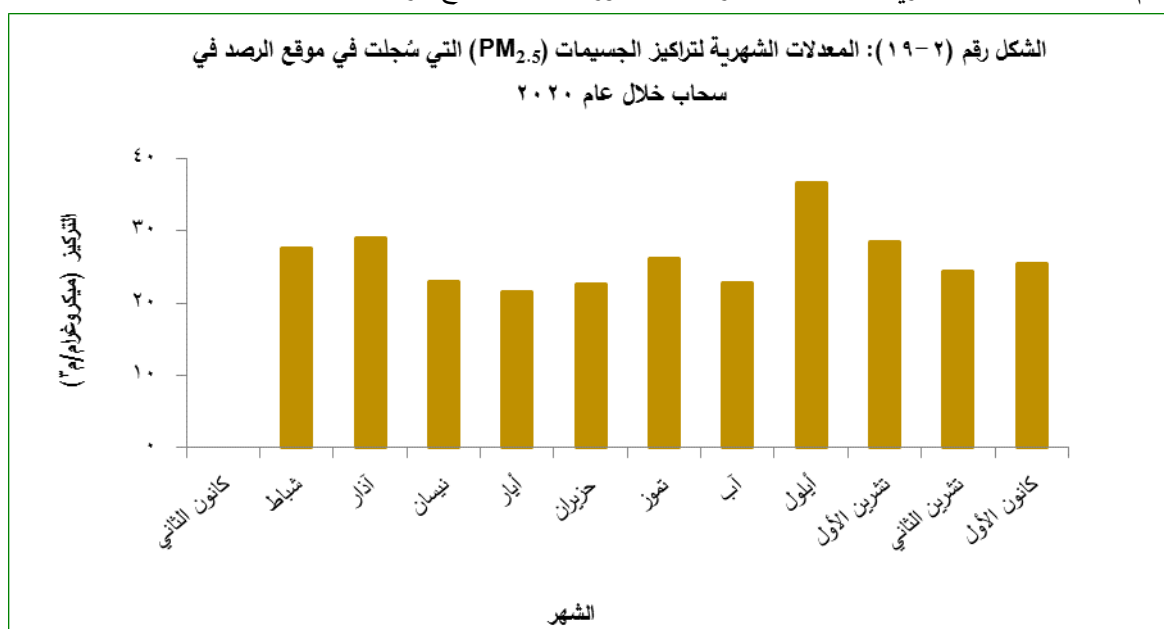
الشكل رقم (٢-١٧): المعدلات الشهرية لتراكيز غاز ثاني أكسيد الكبريت وغاز ثاني أكسيد النيتروجين التي سُجّلت في موقع الرصد في سحاب خلال عام ٢٠٢٠



ويبين الشكل رقم (٢-١٨) أن أعلى معدل شهري لغاز أول أكسيد الكربون سُجل خلال شهر تشرين الأول ٢٠٢٠ حيث بلغت قيمته ٠,٦٠٤ جزء في المليون.



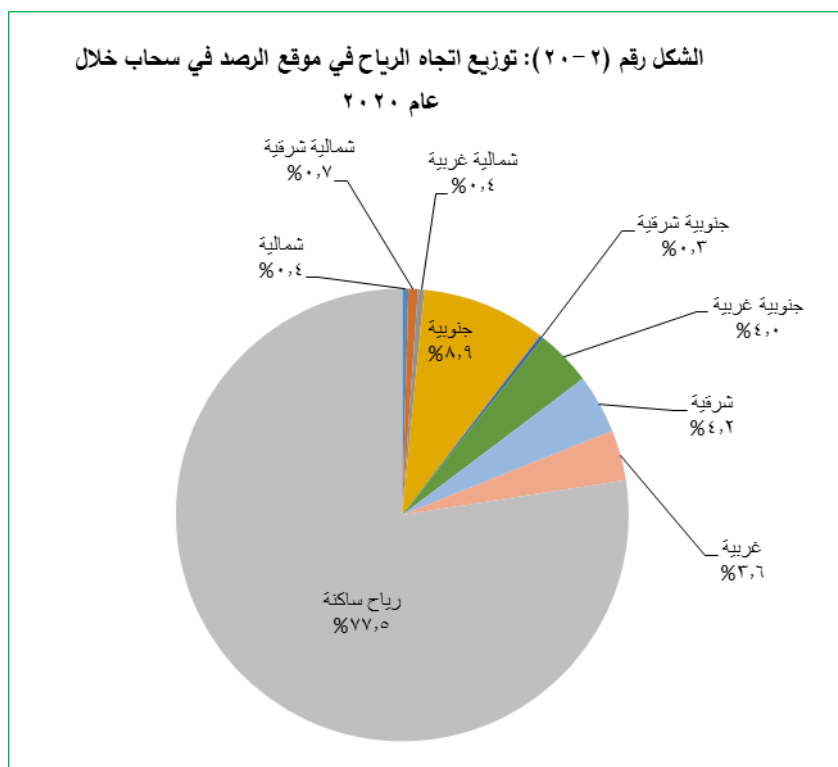
يبين الشكل رقم (٢-١٩) أدناه المعدلات الشهرية لتراكيز الجسيمات الدقيقة العالقة في الهواء ( $PM_{2.5}$ ) في موقع الرصد في سحاب. حيث يلاحظ أن أعلى معدل شهري لتراكيز الجسيمات الدقيقة بلغ ٣٧ ميكروغرام/م<sup>٣</sup> لشهر أيلول ٢٠٢٠. وقد انقطع رصد الجسيمات لعدة أيام خلال شهر كانون الثاني ٢٠٢٠ لأسباب فنية تتعلق بإجراء الصيانة التصحيحية للجهاز، لذلك لم يتم احتساب المعدل الشهري خلال هذا الشهر حيث تجاوزت نسبة انقطاع الرصد ٢٥%.



كانت المعدلات السنوية للملوثات الغازية في موقع الرصد في سحاب خلال عام ٢٠٢٠ ضمن الحدود المنصوص عليها في القاعدة الفنية الأردنية، حيث بلغ المعدل السنوي لغاز ثاني أكسيد الكبريت ٠,٠٠٤ جزء في المليون و٠,٠١٩ جزء في

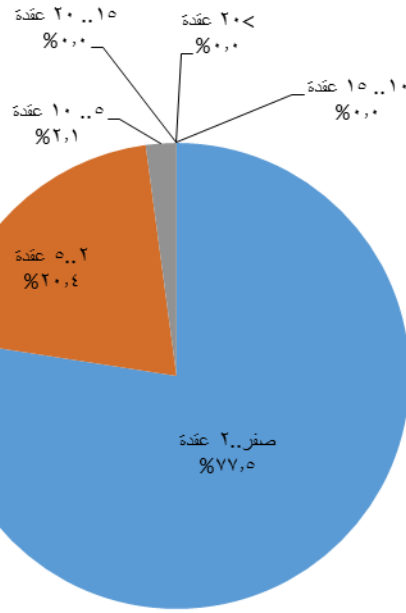
المليون لغاز ثاني أكسيد النيتروجين. في حين تجاوز المعدل السنوي للجسيمات ( $PM_{2.5}$ ) والبالغ ٢٦ ميكروغرام/م<sup>٣</sup> الحد المنصوص عليه في القاعدة الفنية والبالغ ١٥ ميكروغرام/م<sup>٣</sup>. كما بلغ المعدل السنوي لغاز أول أكسيد الكربون ٠,٣٤ جزء في المليون، علماً بأنه لا يوجد حد سنوي منصوص عليه في القاعدة الفنية الأردنية رقم ٢٠٠٦/١١٤٠ لغاز أول أكسيد الكربون.

تبين الأشكال (٢-٢٠) و (٢-٢١) نتائج رصد سرعة واتجاه الرياح في موقع الرصد في سحب خلال عام ٢٠٢٠، حيث أظهرت هذه الأشكال أن الرياح السائدة في موقع الرصد كانت الرياح الساكنة حيث تواجدت بنسبة ٧٧,٥% تلتها الرياح الجنوبية بنسبة ٨,٩%.



الشكل رقم (٢-٢١): توزيع سرعة الرياح (عقدة) في موقع الرصد في سحاب

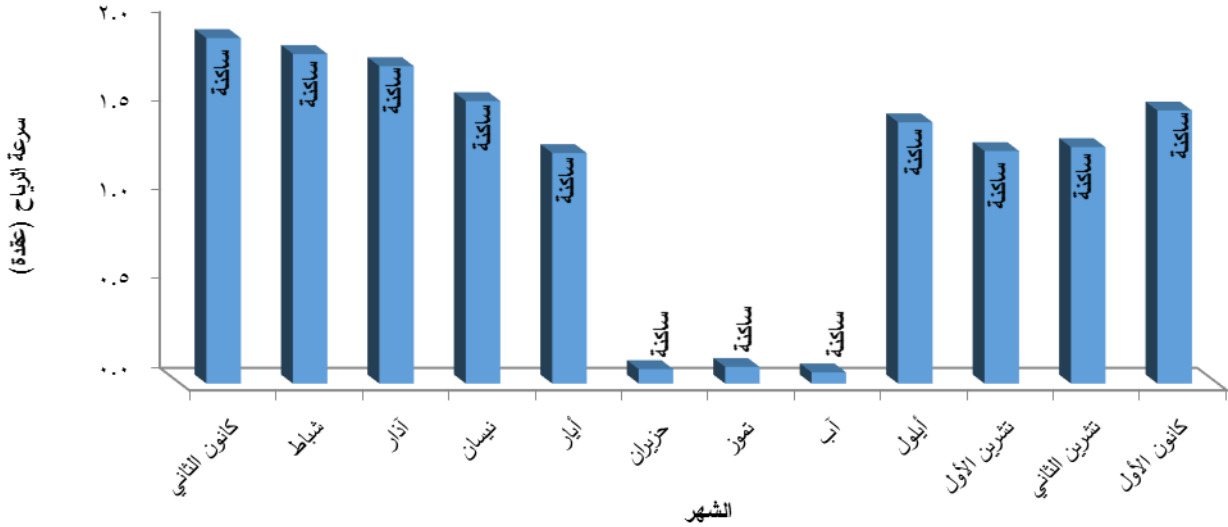
خلال عام ٢٠٢٠



ويبين الشكل رقم (٢-٢٢) 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 جميع أشهر الرصد.

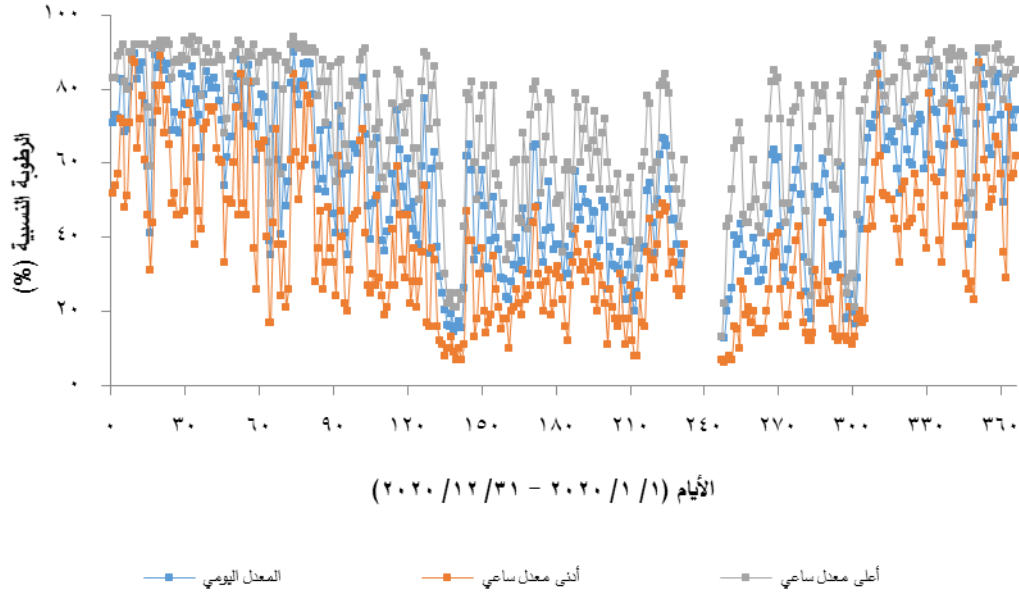
الشكل رقم (٢-٢٢): المعدلات الشهرية لسرعة الرياح (عقدة) واتجاه الرياح السائدة خلال كل شهر من أشهر الرصد في

سحاب خلال عام ٢٠٢٠

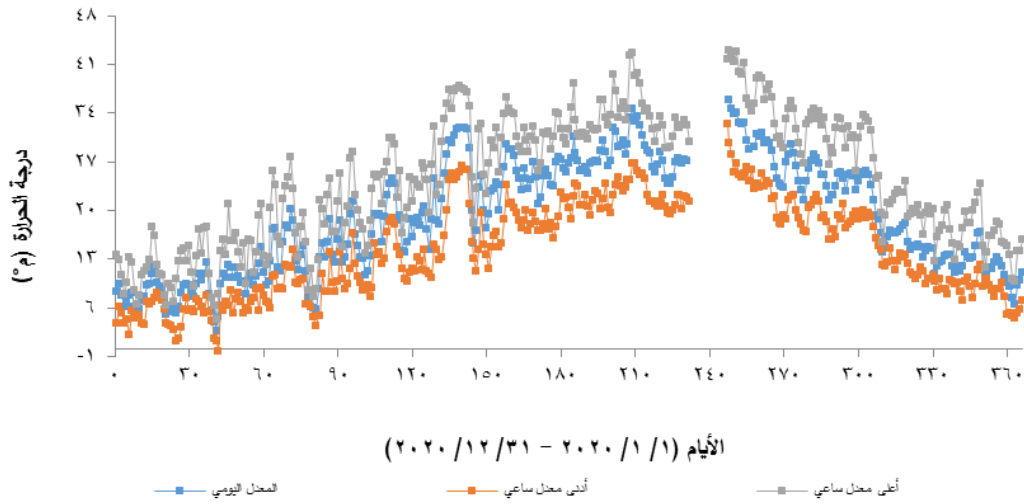


يظهر الشكلان رقم (٢-٢٣) و (٢-٢٤) المعدلات اليومية وأعلى وأدنى المعدلات الساعية للرطوبة النسبية ودرجة الحرارة المسجلة يومياً في موقع الرصد في سحاب خلال عام ٢٠٢٠.

الشكل رقم (٢-٢٣): المعدلات اليومية والمعدلات الساعية القصوى والأدنى المسجلة يومياً للرطوبة النسبية في موقع الرصد في سحب خلال عام ٢٠٢٠



الشكل رقم (٢-٢٤): المعدلات اليومية والمعدلات الساعية القصوى والأدنى المسجلة يومياً لدرجة الحرارة في موقع الرصد في سحب خلال عام ٢٠٢٠

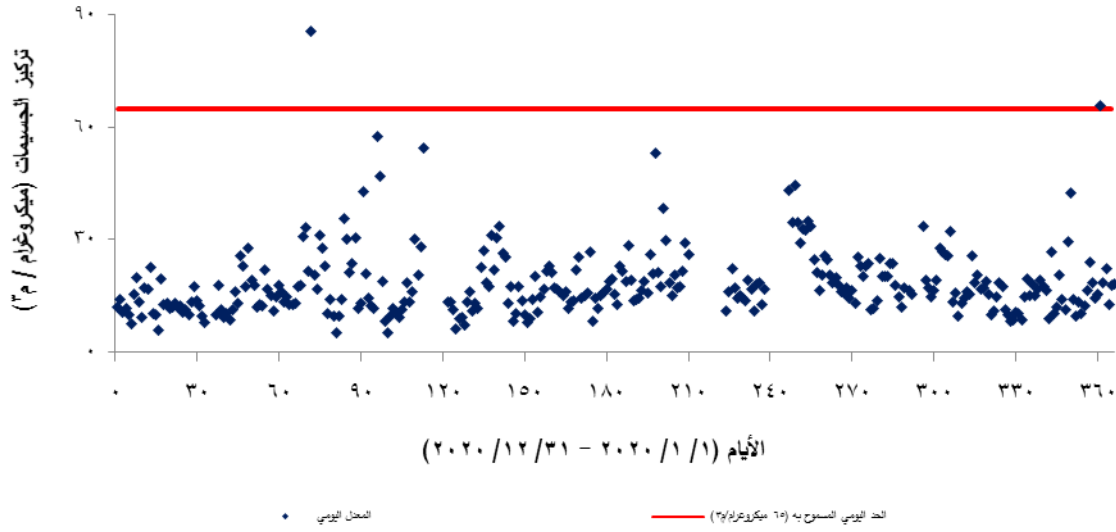


### ٣-٢ مدينة الحسين بن عبدالله الثاني الصناعية/الكرك

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 ٢٠٢٠. ويبين الشكل رقم (٢-٢٥) أدناه أنه على الرغم من تسجيل تجاوزين لحد المعدل اليومي المنصوص عليه في القاعدة الفنية الأردنية للجسيمات الدقيقة العالقة في الهواء والبالغ ٦٥ ميكروغرام/م<sup>٣</sup> في هذا الموقع خلال فترة الدراسة الحالية، إلا أنها لم تتجاوز عدد مرات التجاوز المسموح بها في القاعدة الفنية الأردنية رقم ٢٠٠٦/١١٤٠.

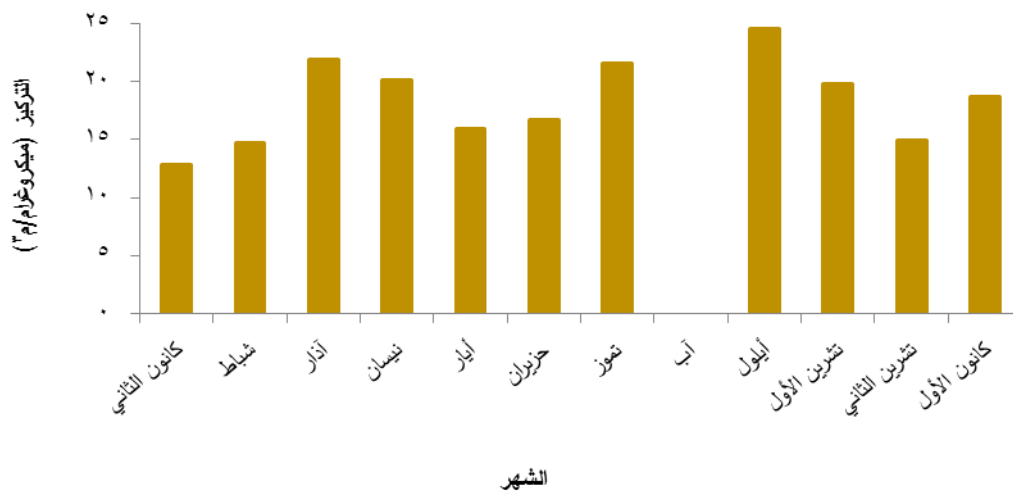


الشكل رقم (٢-٢٥): المعدلات اليومية لتراكيز الجسيمات ( $PM_{2.5}$ ) التي سُجلت في موقع الرصد في الكرك خلال عام ٢٠٢٠



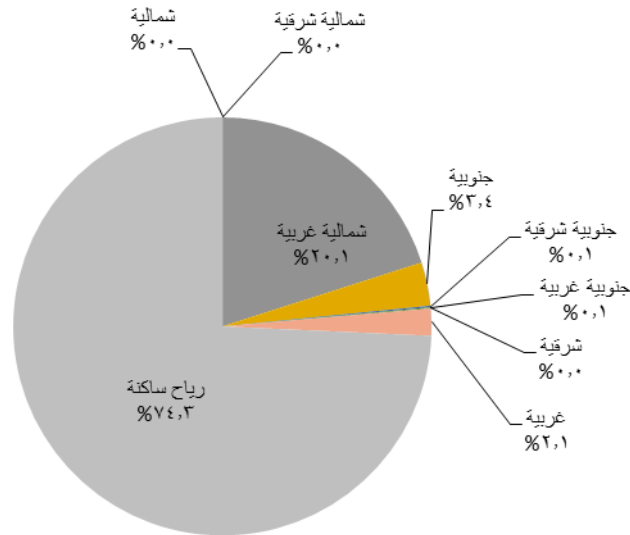
يبين الشكل رقم (٢-٢٦) أدناه المعدلات الشهرية لتركيز الجسيمات الدقيقة العالقة في الهواء ( $PM_{2.5}$ ) في موقع الرصد في الكرك. حيث يلاحظ أن أعلى معدل شهري لتركيز الجسيمات الدقيقة بلغ ٢٥ ميكروغرام/م<sup>٣</sup> لشهر أيلول ٢٠٢٠. وقد انقطع رصد الجسيمات لعدة أيام خلال شهر آب ٢٠٢٠ لأسباب فنية تتعلق بإجراء الصيانة التصحيحية للجهاز، لذلك لم يتم احتساب المعدل الشهري خلال هذا الشهر. تجاوز المعدل السنوي للجسيمات ( $PM_{2.5}$ ) والبالغ ١٨ ميكروغرام/م<sup>٣</sup> الحد المنصوص عليه في القاعدة الفنية والبالغ ١٥ ميكروغرام/م<sup>٣</sup>.

الشكل رقم (٢-٢٦): المعدلات الشهرية لتراكيز الجسيمات ( $PM_{2.5}$ ) التي سُجلت في موقع الرصد في الكرك خلال عام ٢٠٢٠

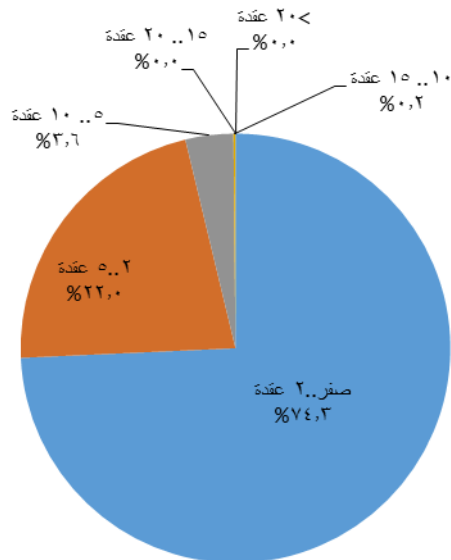


تبين الأشكال (٢٧-٢) و (٢٨-٢) نتائج رصد سرعة واتجاه الرياح في موقع الرصد في الكرك خلال عام ٢٠٢٠، حيث أظهرت هذه الأشكال أن الرياح السائدة في موقع الرصد كانت الرياح الساكنة حيث تواجدت بنسبة ٧٤,٣% تلتها الرياح الشمالية الغربية بنسبة ٢٠,١%.

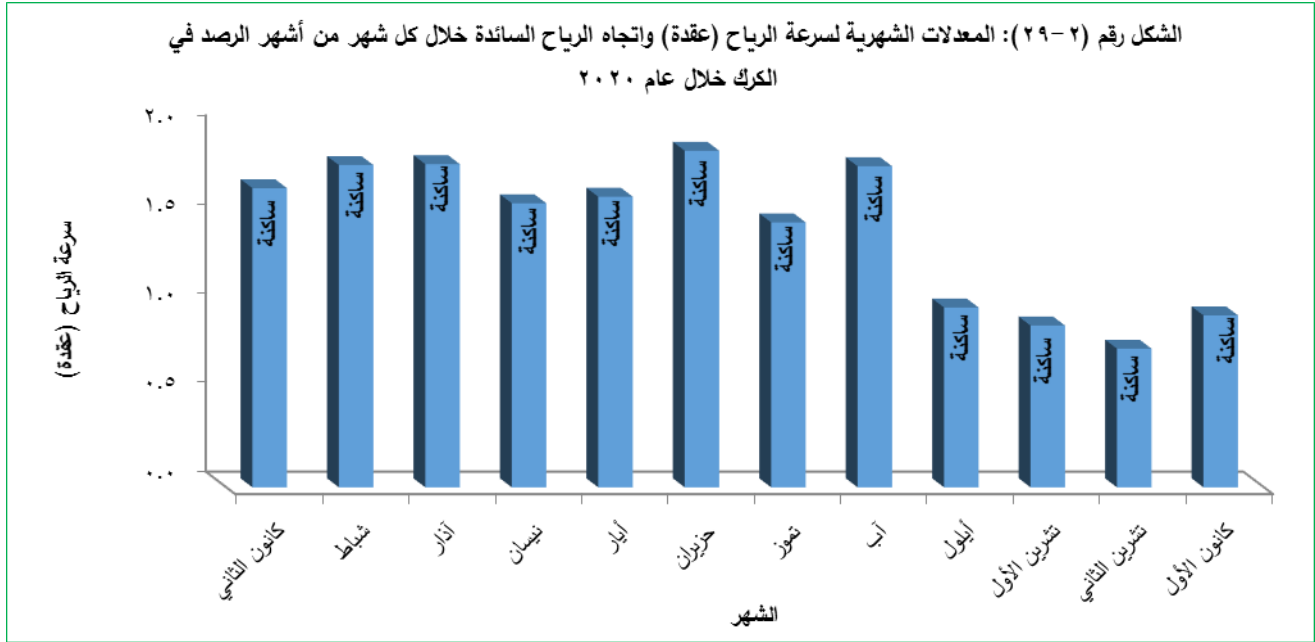
الشكل رقم (٢٧-٢): توزيع اتجاه الرياح في موقع الرصد في الكرك خلال عام ٢٠٢٠



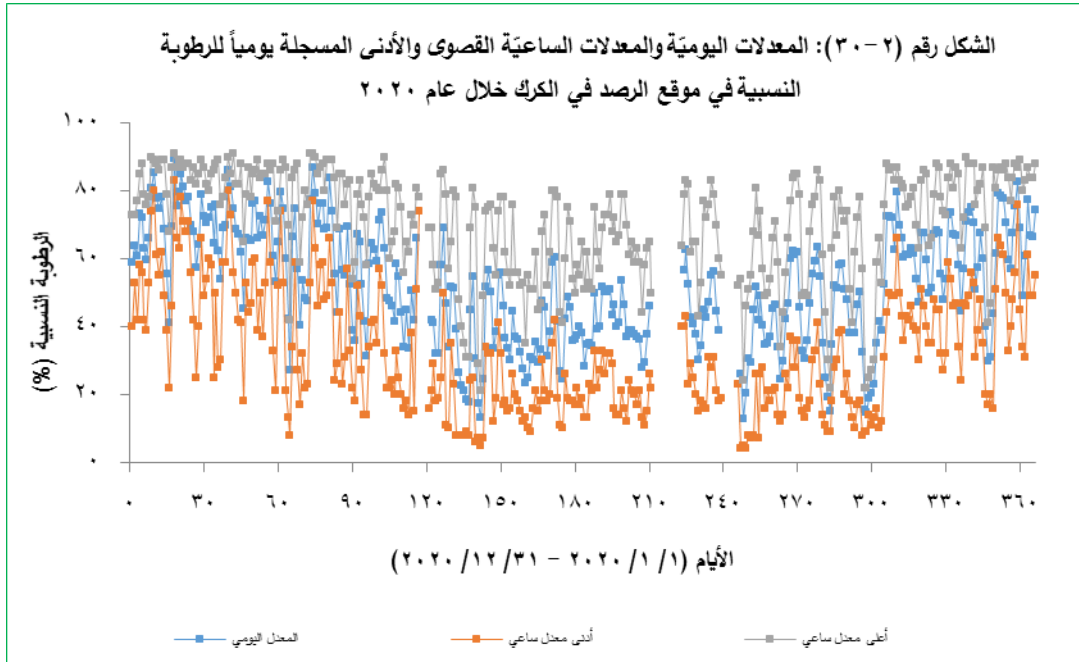
الشكل رقم (٢٨-٢): توزيع سرعة الرياح (عقدة) في موقع الرصد في الكرك خلال عام ٢٠٢٠



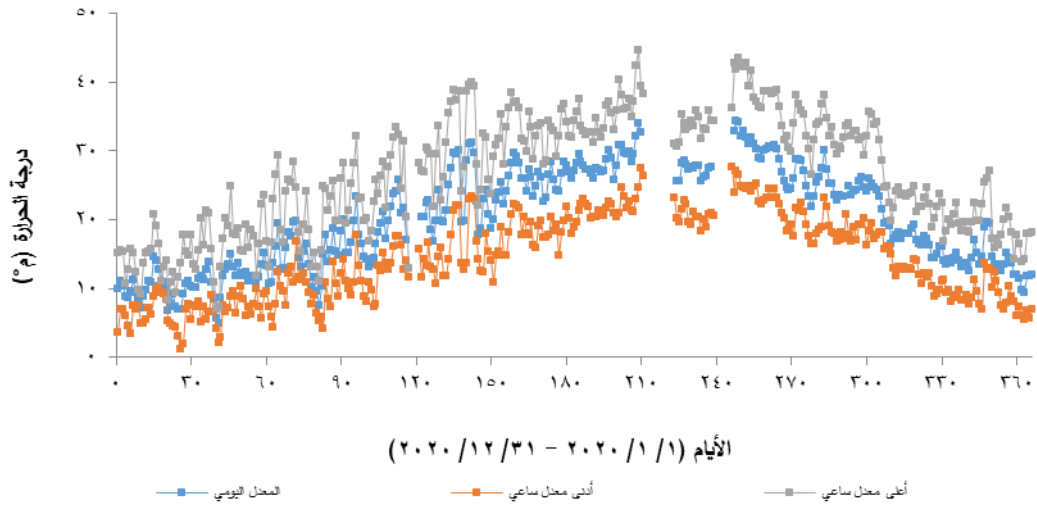
ويبين الشكل رقم (٢-٢٩) اتجاه الرياح السائدة والمعدل الشهري لسرعة الرياح لكل شهر من أشهر الرصد في موقع الرصد في الكرك. حيث يلاحظ أن الرياح السائدة كانت سائدة خلال جميع أشهر الرصد.



يظهر الشكلان رقم (٢-٣٠) و (٢-٣١) المعدلات اليومية وأعلى وأدنى المعدلات الساعية للرطوبة النسبية ودرجة الحرارة المسجلة يومياً في موقع الرصد في الكرك خلال عام ٢٠٢٠.



الشكل رقم (٢-٣١): المعدلات اليومية والمعدلات الساعية القصوى والأدنى المسجلة يومياً لدرجة الحرارة في موقع الرصد في الكرك خلال عام ٢٠٢٠



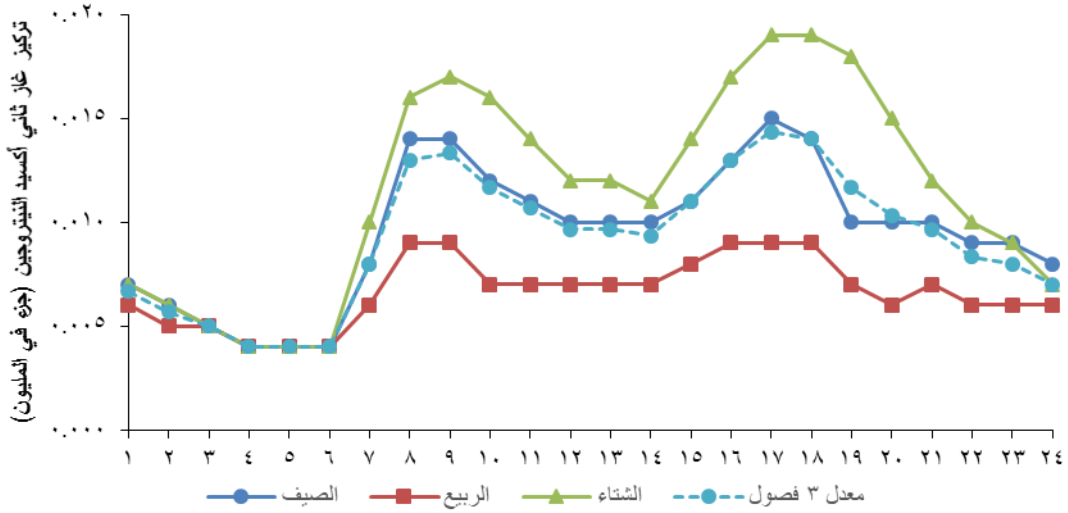
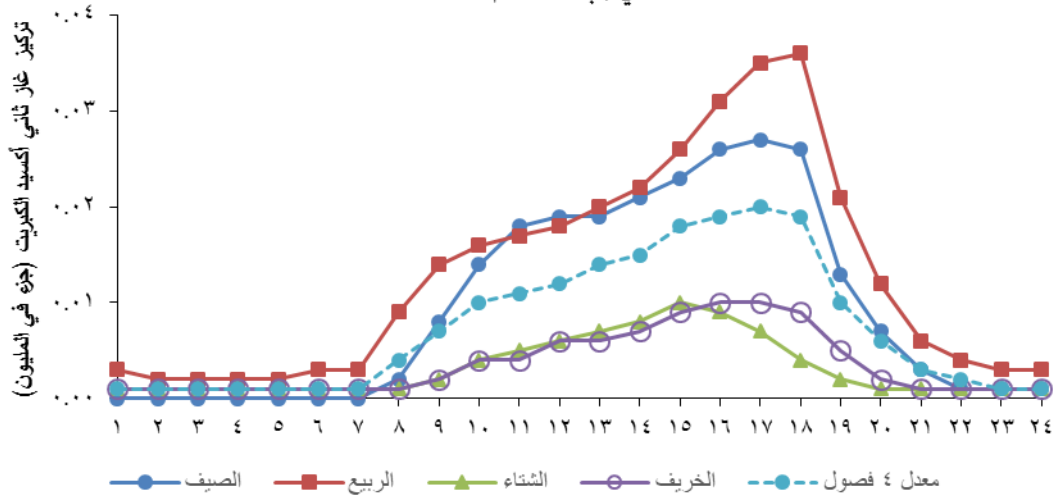
### ٣. مناقشة نتائج الدراسة

- 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.

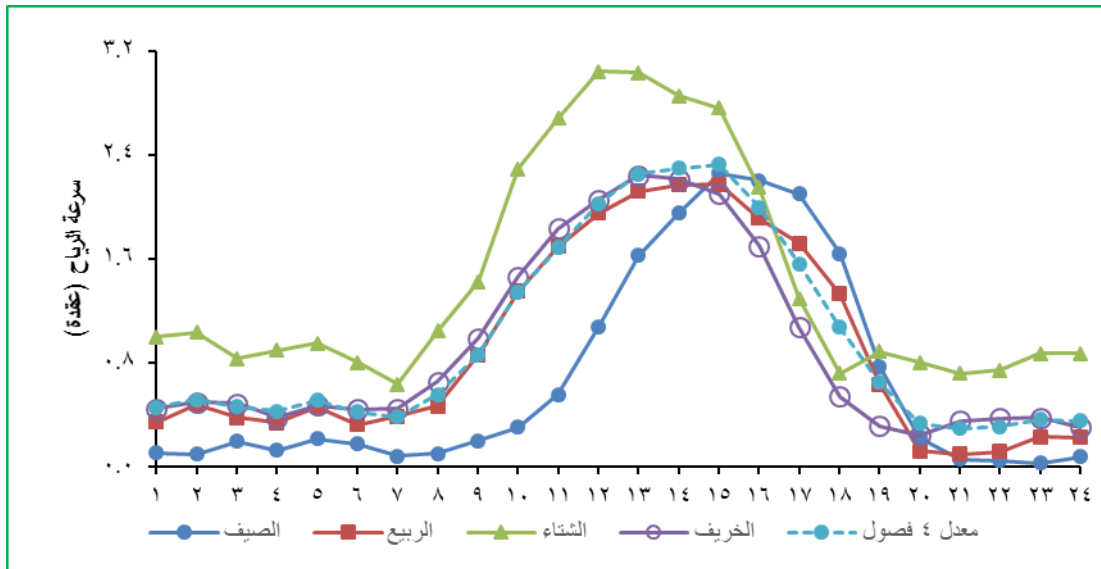
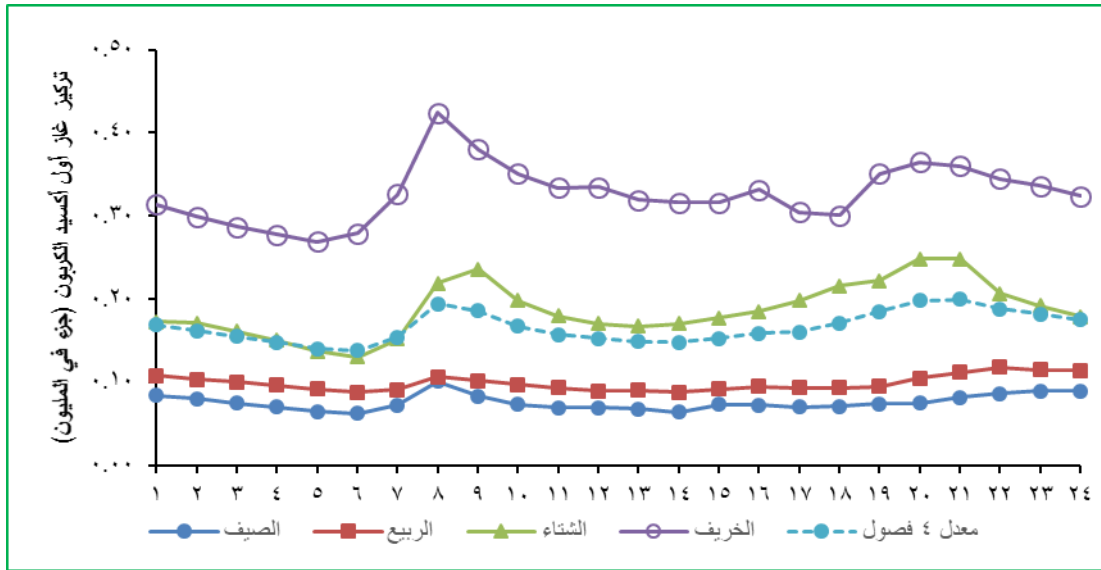
### ٣-١ مدينة الحسن الصناعية / إربد

يُبين الشكل رقم (٣-١) 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 الربيع. فيما سجلت أعلى معدلات لغاز ثاني أكسيد النيتروجين خلال فصل الشتاء ويلاحظ عدم وجود نمط مشترك ملحوظ لتغيرها مع تغير سرعة الرياح خلال جميع فصول السنة. كانت المعدلات السنوية والفصلية لغاز أول أكسيد الكربون متقاربة خلال ساعات اليوم وسجلت أعلى المعدلات خلال فصل الخريف وأدنى المعدلات خلال فصل الصيف.

الشكل رقم (٣-١): المعدلات السنوية والفصلية لتركيز 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 ٢٠٢٠



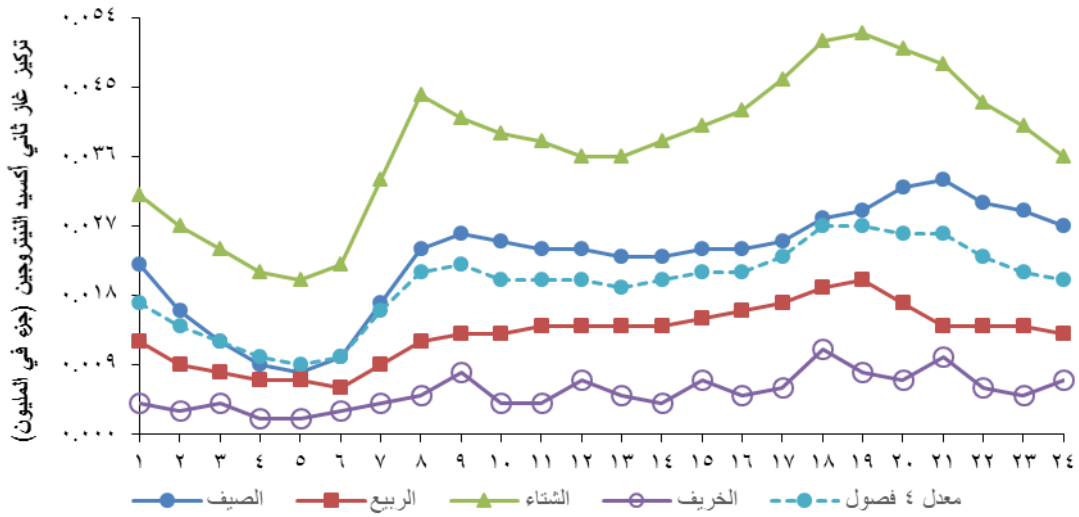
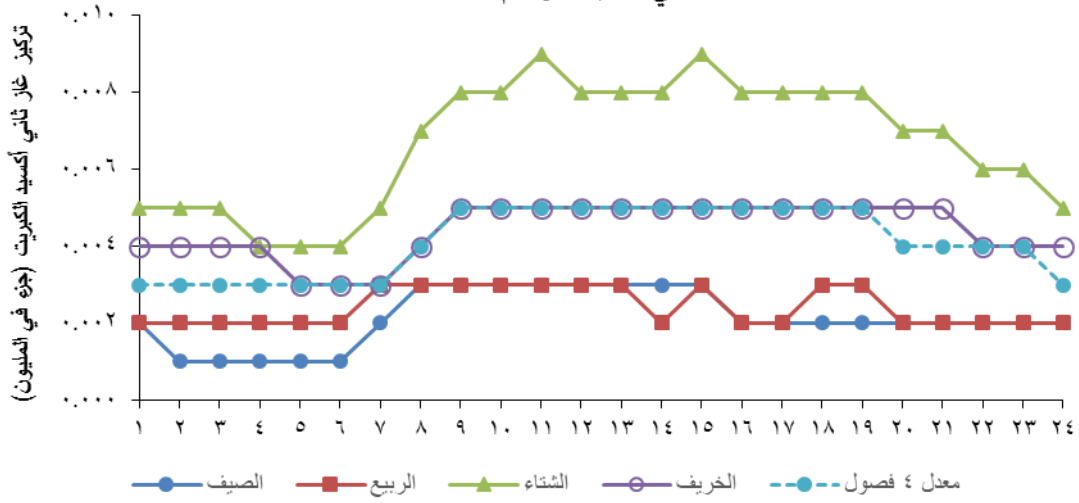
يتبع شكل رقم (٣-١)



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

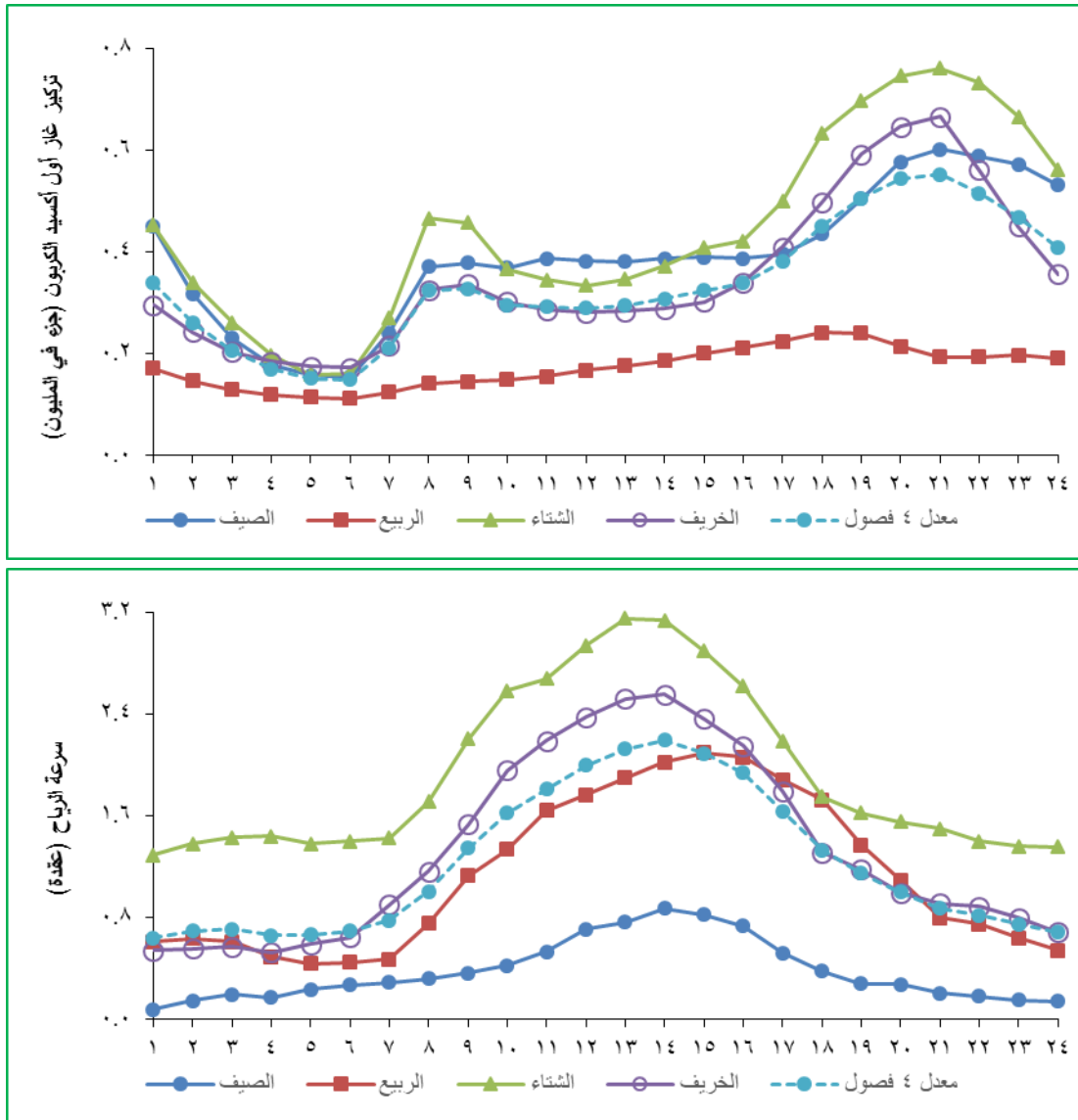
يظهر الشكل رقم (٢-٣) المعدلات السنوية والفصلية لتركيز غازات ثاني أكسيد الكبريت وثاني أكسيد النيتروجين وأول أكسيد الكربون ولسرعة الرياح خلال كل ساعة من ساعات اليوم في سحاب حيث يلاحظ تشابه نمط التغير في مستويات غازات ثاني أكسيد الكبريت وثاني أكسيد النيتروجين وأول أكسيد الكربون خلال ساعات النهار في معظم الفصول وسجلت أعلى المعدلات خلال فصل الشتاء لجميع الغازات.

الشكل رقم (٣-٢): المعدلات السنوية والفصلية لتركيز 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 ٢٠٢٠



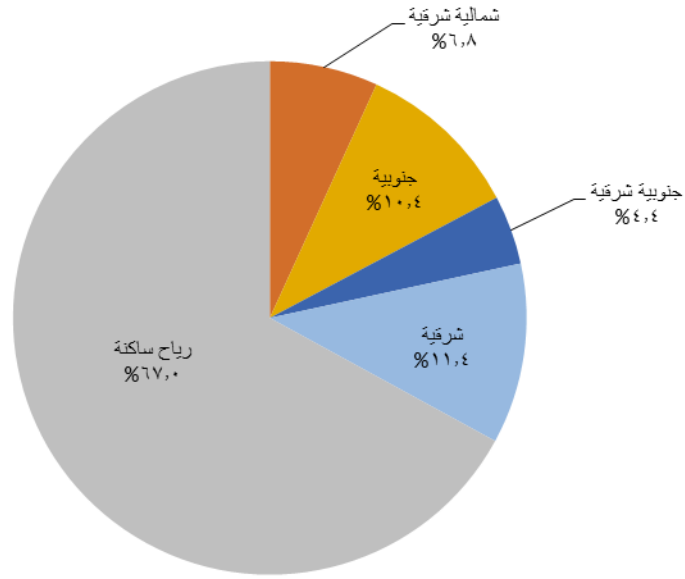


يتبع شكل رقم (٢-٣)

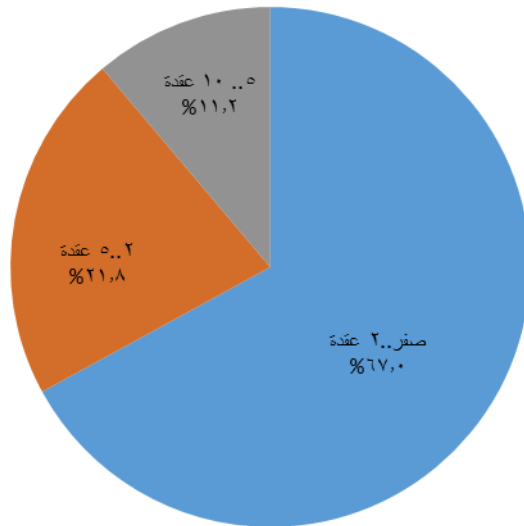


إن أهم مصادر التلوث بالجسيمات في المنطقة القريبة من موقع الرصد هي الإنبعاثات الصادرة من حرق الوقود خاصة في المركبات وذلك لقرب موقع الرصد من مجمع الحافلات وكذلك الصناعات القريبة، والكسارات والغبار الطبيعي. وتم تسجيل تجاوزين يوميين للجسيمات الدقيقة  $PM_{2.5}$  في موقع الرصد في صباح يومي ٢٠٢٠/٣/١٢ و ٢٠٢٠/٤/٢٤ وتواجدت الرياح الشرقية والجنوبية الشرقية خلال هذين اليوميين بنسبة ١١,٤% و ٤,٤% على التوالي وهذا يدل على تأثير موقع الرصد بالمنخفضات الخماسينية والعواصف الرملية التي تعرضت لها المملكة خلال شهري آذار ونيسان ٢٠٢٠.

الشكل رقم (٣-٣): توزيع اتجاه الرياح في موقع الرصد في سحب خلال الأيام التي سجل فيها تجاوز للحد اليومي المنصوص عليه في القاعدة الفنية الأردنية رقم (٢٠٠٦/١١٤٠) للجسيمات ( $PM_{2.5}$ ) خلال عام ٢٠٢٠



الشكل رقم (٣-٤): توزيع سرعة الرياح (عقدة) في موقع الرصد في سحب خلال الأيام التي سجل فيها تجاوز للحد اليومي المنصوص عليه في القاعدة الفنية الأردنية رقم (٢٠٠٦/١١٤٠) للجسيمات ( $PM_{2.5}$ ) خلال عام ٢٠٢٠

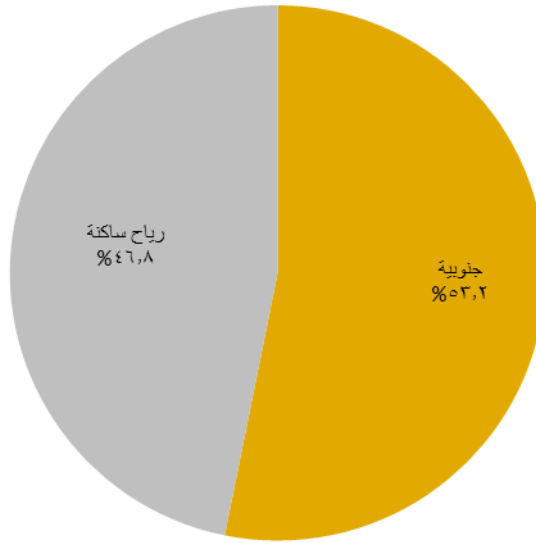


### ٣-٣ مدينة الحسين بن عبدالله الثاني الصناعية/الكرك

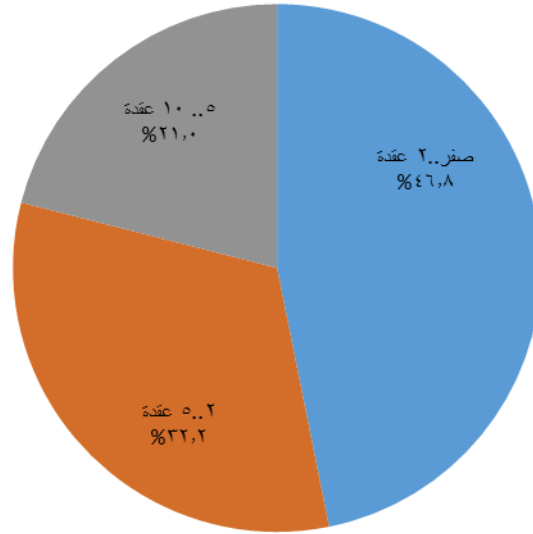
بينت نتائج الدراسة أن مستويات الجسيمات الدقيقة  $PM_{2.5}$  -عدد التجاوزات- في موقع الكرك كانت ضمن الشروط المنصوص عليها في القاعدة الفنية الأردنية رقم ٢٠٠٦/١١٤٠، حيث تم تسجيل تجاوزين يوميين فقط خلال كامل فترة الرصد وهي ضمن عدد التجاوزات اليومية المسموح به في القاعدة الفنية الأردنية رقم ٢٠٠٦/١١٤٠.

من أهم مصادر التلوث في المنطقة القريبة من موقع الرصد هي الانبعاثات الناتجة من حرق الوقود وعمليات الإنتاج. ويبين الشكلان رقم (٥-٣) و(٦-٣) أدناه توزيع سرعة واتجاه الرياح خلال الأيام التي تجاوزت فيها المعدلات اليومية لتركيز الجسيمات الحد اليومي في موقع الرصد في الكرك. تم تسجيل تجاوز يومي وبالبالغ ٨٦ ميكروغرام/م<sup>٣</sup> بتاريخ ٢٠٢٠/٣/١٢ وهذا يدل على تأثير موقع الرصد بالعاصفة الرملية التي تعرضت لها المملكة خلال هذا اليوم. كما أنه من الممكن إيعاز التجاوز الثاني وبالبالغ ٦٦ ميكروغرام/م<sup>٣</sup> والذي سُجل بتاريخ ٢٠٢٠/١٢/٢٦ إلى الظروف الطبيعية أو من مصادر التلوث القريبة من موقع الرصد حيث تواجدت الرياح الساكنة بنسبة مرتفعة ٤٧,٨% خلال هذا اليوم حيث تعمل الرياح الساكنة على تقليل أو منع نشر الملوثات وبقائها فوق المنطقة.

الشكل رقم (٥-٣): 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 ٢٠٢٠



الشكل رقم (٣-٦): توزيع سرعة الرياح (عقدة) في موقع الرصد في الكرك خلال الأيام التي سجل فيها تجاوز للحد اليومي المنصوص عليه في القاعدة الفنية الأردنية رقم (١١٤٠ / ٢٠٠٦) للجسيمات (PM<sub>2.5</sub>) خلال عام ٢٠٢٠



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

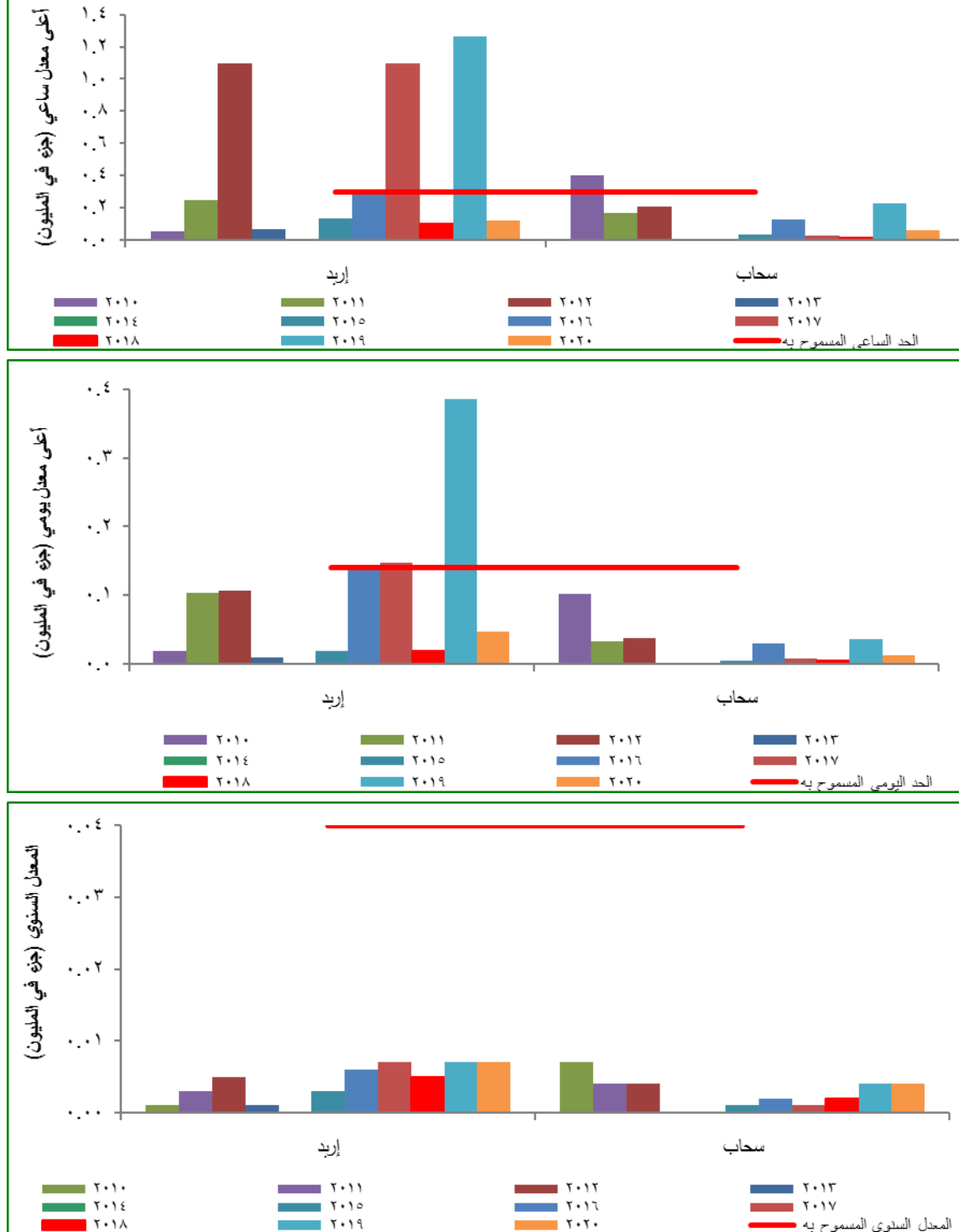
تبين الأشكال (٤-١) إلى (٤-٤) مقارنة لنتائج الرصد من حيث أعلى المعدلات الساعية واليومية والمعدلات السنوية التي سجلت للجسيمات والملوثات الغازية التي تم رصدها في مواقع الرصد في إربد وسحاب والكرك خلال سنوات الرصد (٢٠١٠-٢٠٢٠).

بينت نتائج الدراسة أن المعدل السنوي لغاز ثاني أكسيد النيتروجين في موقع الرصد في إربد قد ارتفع مقارنةً بفترة الدراسة السابقة، فيما انخفض المعدل السنوي لغاز ثاني أكسيد الكبريت لفترة الدراسة الحالية مقارنةً بفترة الرصد السابقة. وبقي المعدل السنوي لغاز أول أكسيد الكربون ضمن مستوياته مقارنةً بفترة الدراسة السابقة.

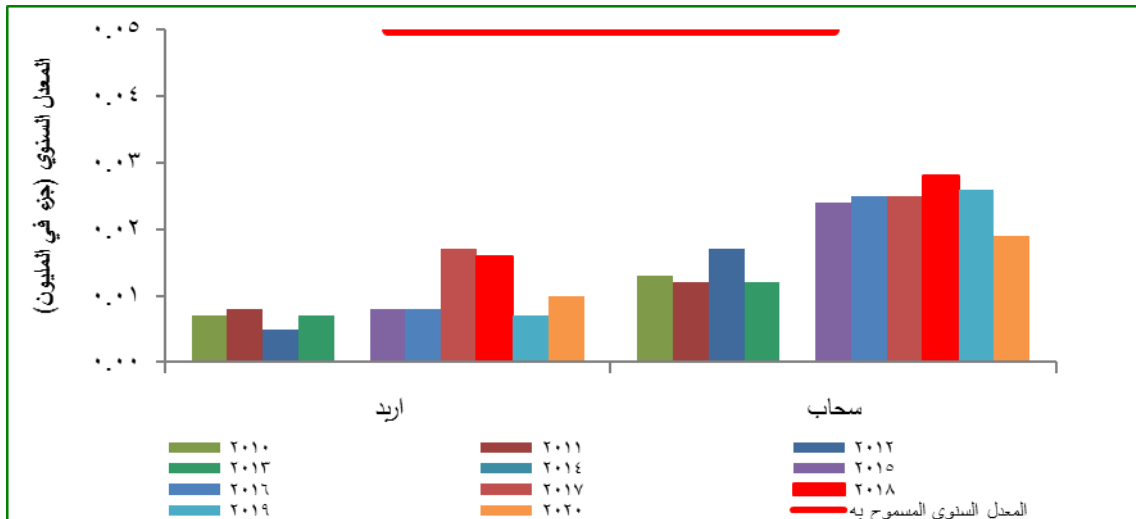
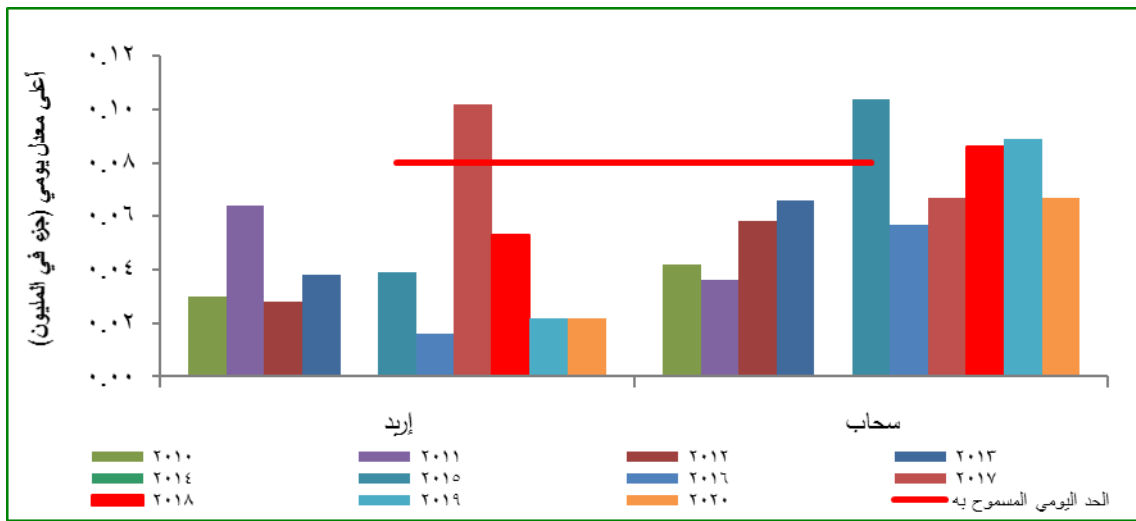
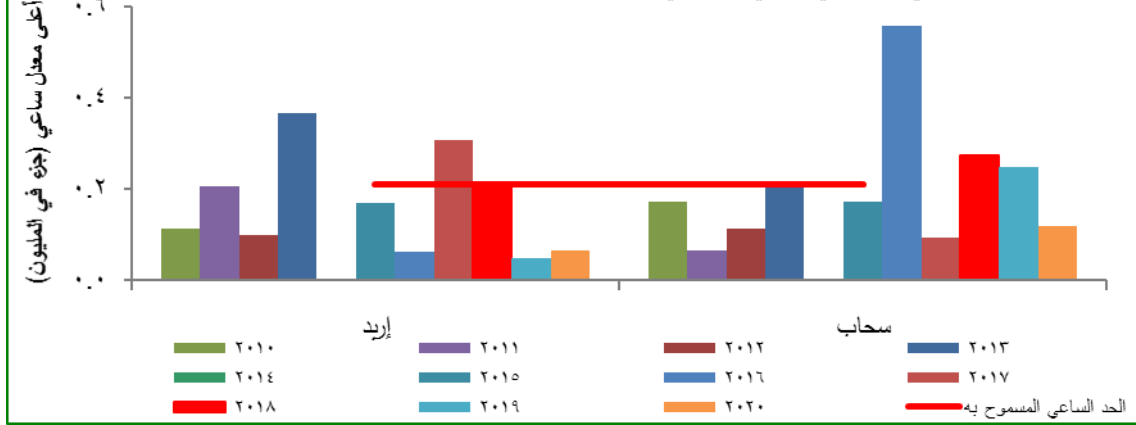
أما بالنسبة لموقع الرصد في سحاب فقد بينت نتائج الدراسة أن المعدل السنوي للجسيمات الدقيقة العالقة في الهواء بقطر يقل عن أو يساوي ٢,٥ ميكرون خلال الدراسة الحالية كانت منخفضة وأقل من المعدل السنوي لفترة الدراسة السابقة إلا أنه تجاوز الحد السنوي المنصوص عليه في القاعدة الفنية الأردنية رقم ٢٠٠٦/١١٤٠. كما وانخفضت المعدلات السنوية لغاز ثاني أكسيد النيتروجين ولغاز أول أكسيد الكربون في فترة الدراسة الحالية مقارنةً بمستوياتها خلال فترة الدراسة السابقة، بينما تساوى المعدل السنوي لغاز ثاني أكسيد الكبريت في فترة الدراسة الحالية مع المعدل السنوي له خلال فترة الدراسة السابقة.

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.

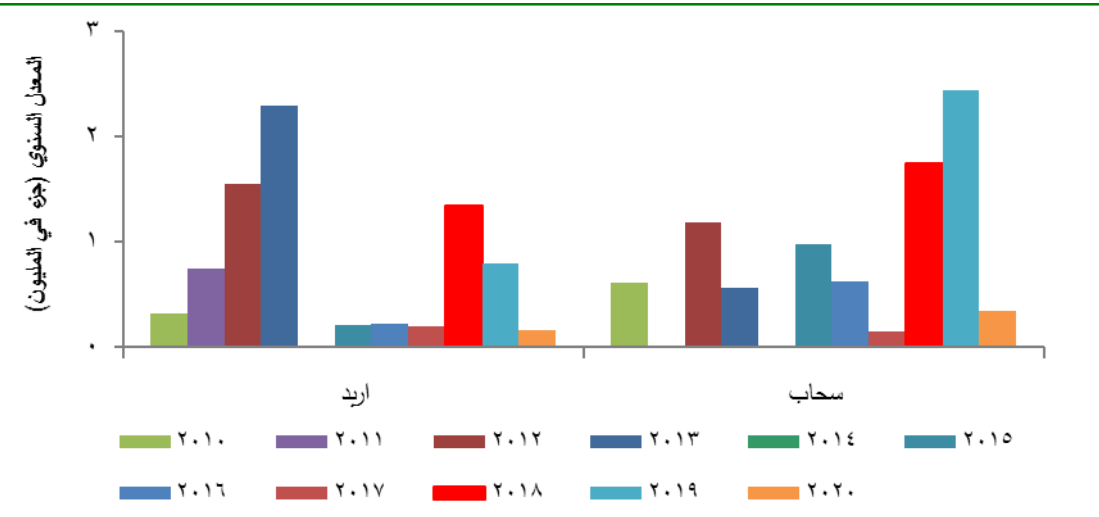
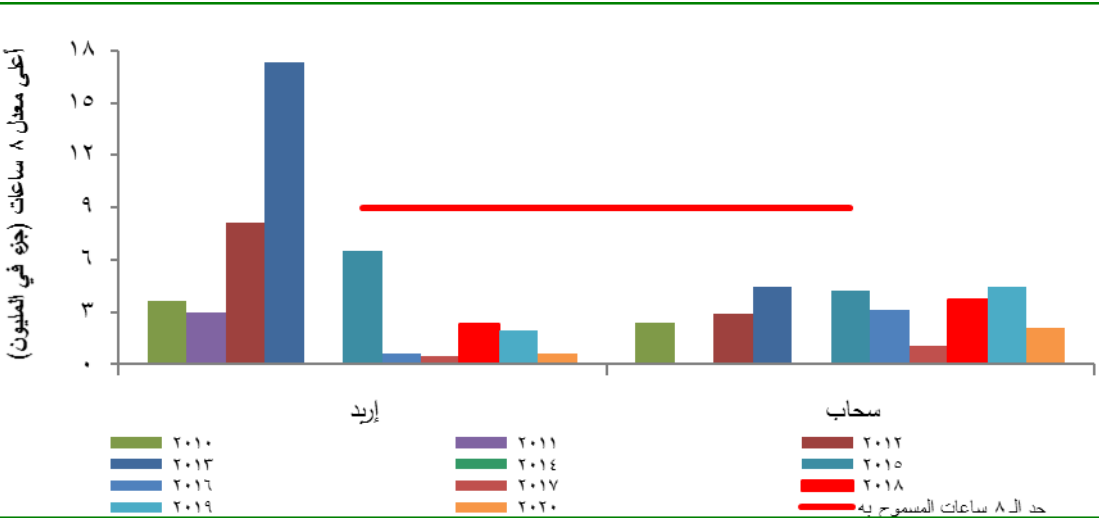
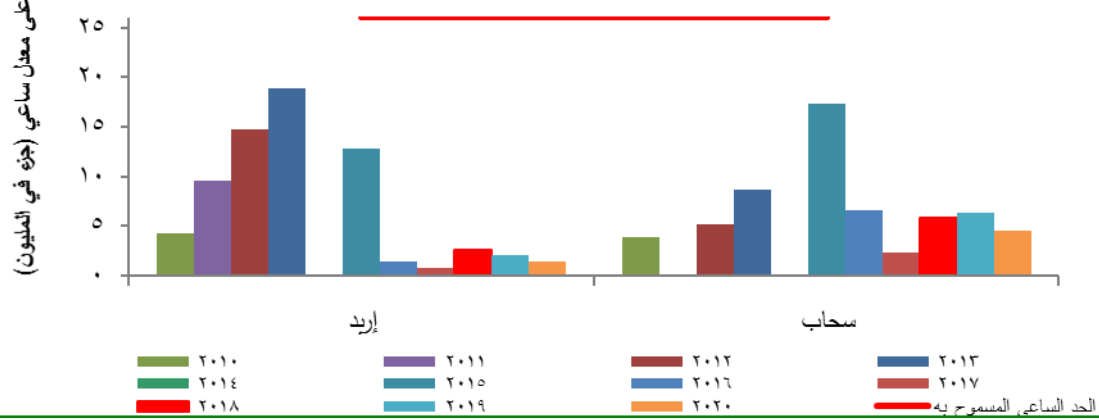
الشكل رقم (٤-١): مقارنة بين أعلى المعدلات الساعية واليومية والمعدلات السنوية لغاز ثاني أكسيد الكبريت التي سُجلت في موقعي الرصد في إربد وسحاب خلال سنوات الرصد (٢٠١٠ - ٢٠٢٠)



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 (٢٠١٠ - ٢٠٢٠)

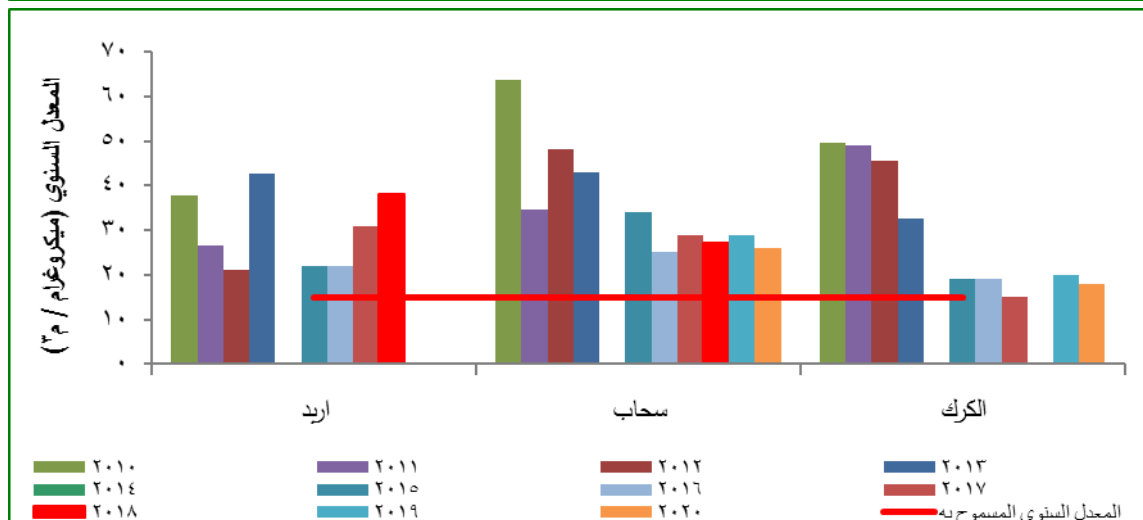
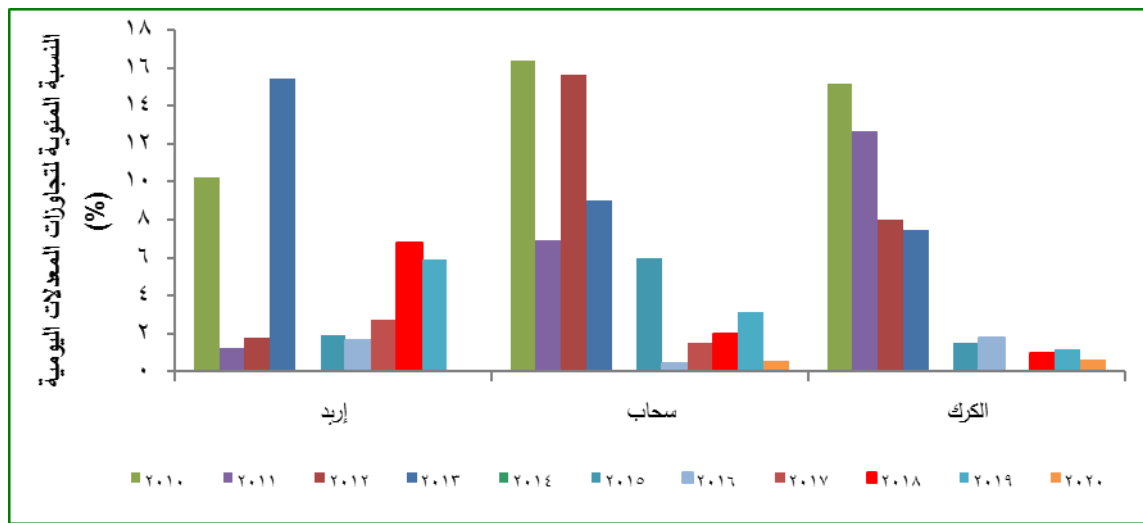
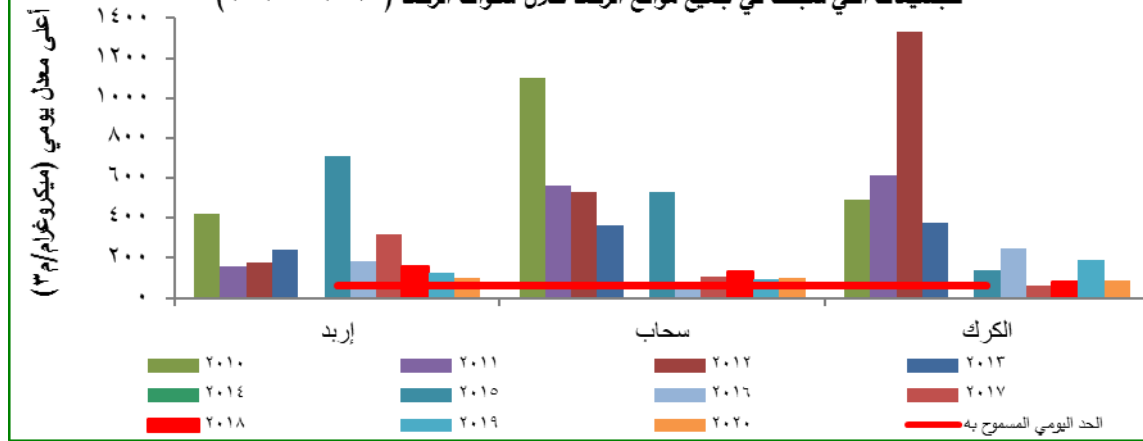


الشكل رقم (٤-٣): مقارنة بين أعلى المعدلات الساعية ومعدلات ٨ ساعات والمعدلات السنوية لغاز أول أكسيد الكربون التي سُجلت في موقعي الرصد في إربد وسحاب خلال سنوات الرصد (٢٠١٠ - ٢٠٢٠)





الشكل رقم (٤-٤): مقارنة بين أعلى المعدلات اليومية ونسب التجاوز اليومية والمعدلات السنوية للجسيمات التي سُجّلت في جميع مواقع الرصد خلال سنوات الرصد (٢٠١٠ - ٢٠٢٠)

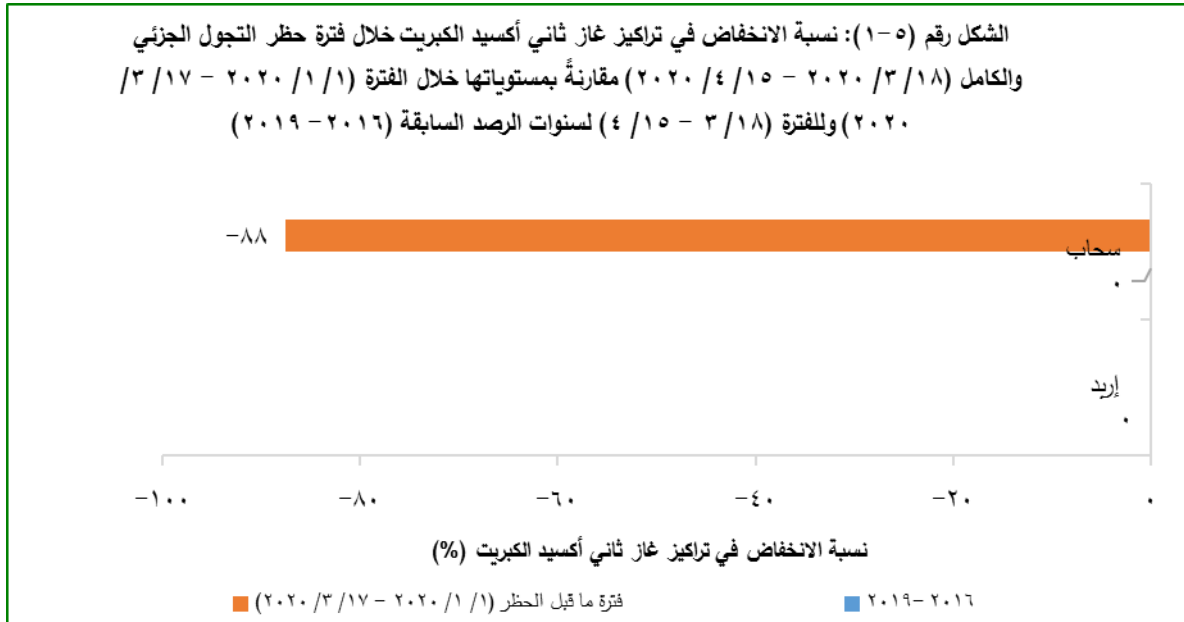


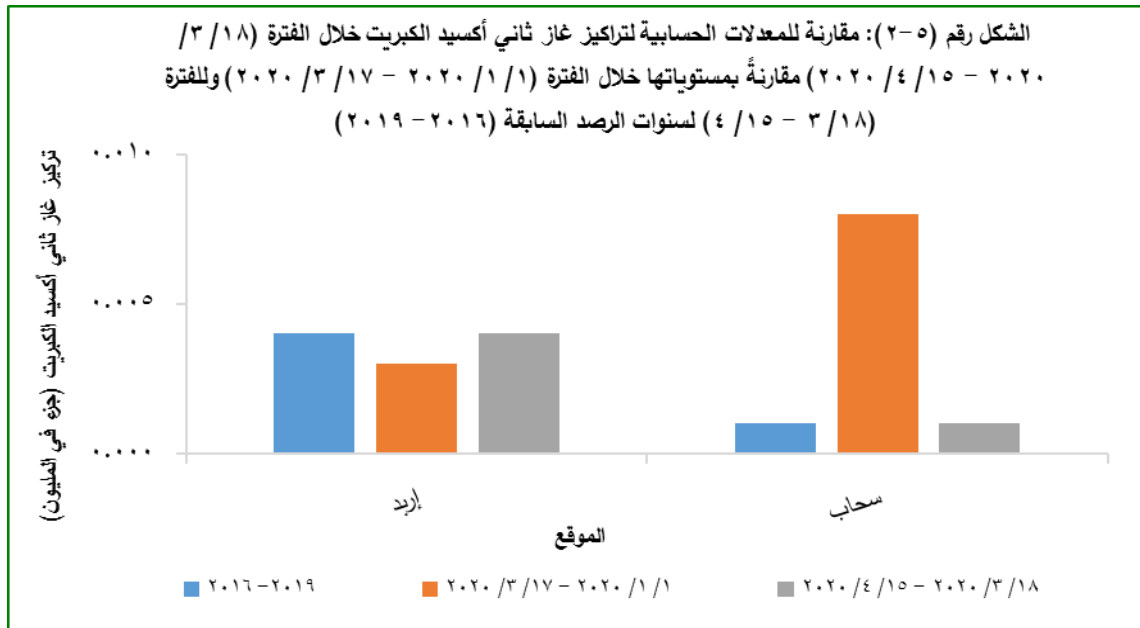
## ٥. تأثير حظر التجول على نوعية الهواء المحيط

يبين هذا الفصل نتائج رصد نوعية الهواء المحيط خلال عام ٢٠٢٠ من حيث نسبة الانخفاض في تراكيز الملوثات خلال فترة حظر التجول الجزئي والكامل (٢٠٢٠/٣/١٨ - ٢٠٢٠/٤/١٥) مقارنةً بمستوياتها خلال الفترة (٢٠٢٠/١/١ - ٢٠٢٠/٣/١٧) وللفترة (٢٠٢٠/٣/١٨ - ٤/١٥) لسنوات الرصد السابقة (٢٠١٦-٢٠١٩).

### ١-٥ غاز ثاني أكسيد الكبريت ( $SO_2$ )

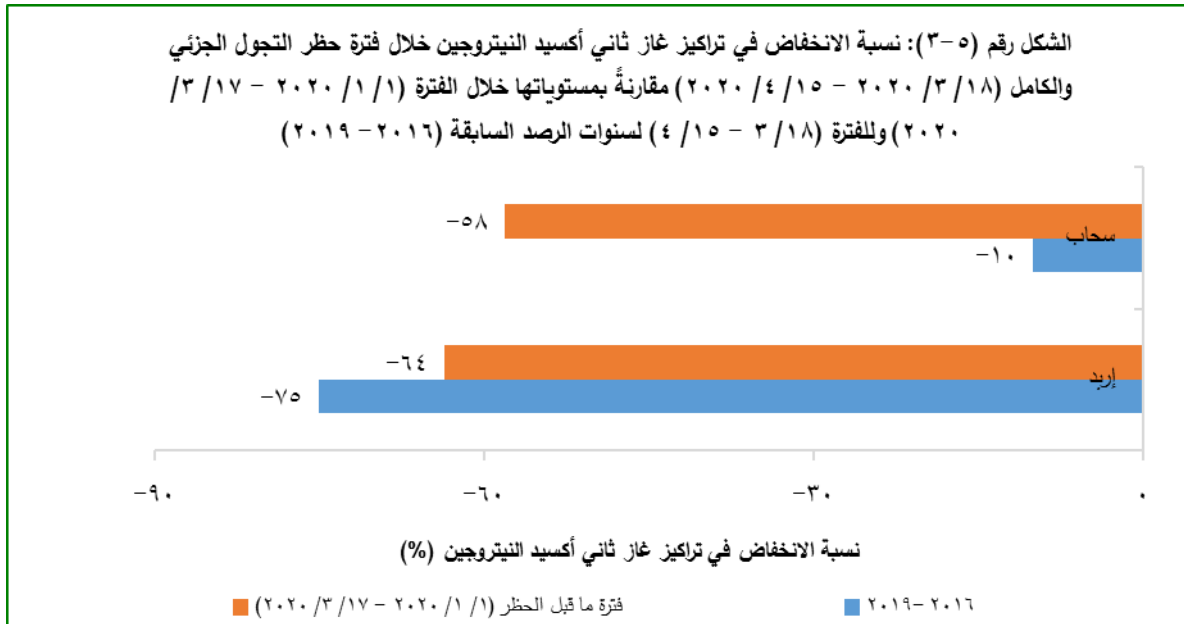
تم رصد غاز ثاني أكسيد الكبريت في موقعي الرصد في إربد وسحاب خلال فترة الدراسة (٢٠٢٠/١/١ - ٢٠٢٠/١٢/٣١)، وتبين نتائج الرصد حدوث انخفاض ملحوظ في مستويات غاز ثاني أكسيد الكبريت في موقع الرصد في سحاب خلال الفترة (٢٠٢٠/٣/١٨ - ٢٠٢٠/٤/١٥) مقارنةً بمستوياتها خلال الفترة التي سبقتها (٢٠٢٠/١/١ - ٢٠٢٠/٣/١٧) بنسبة بلغت ٨٨%، وهذا يدل على تأثر نوعية الهواء في موقع الرصد بإجراءات فرض حظر التجول وما رافقه من توقف لأغلب الأنشطة الصناعية والتجارية والبشرية.

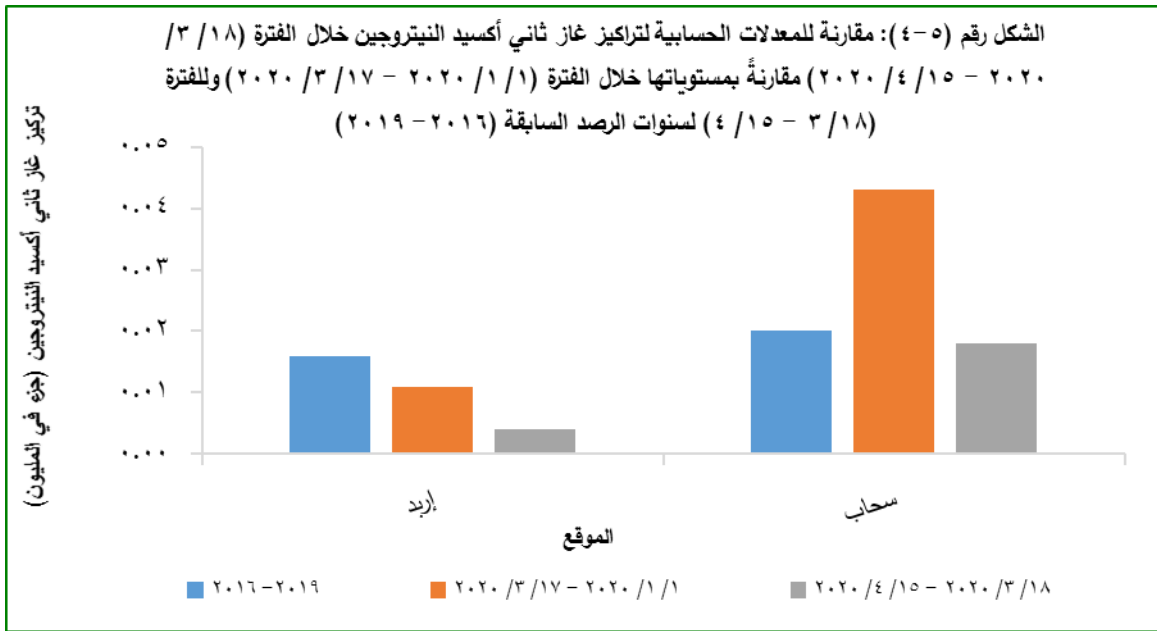




## ٥-٢ غاز ثاني أكسيد النيتروجين (NO, NO<sub>2</sub> & NOx)

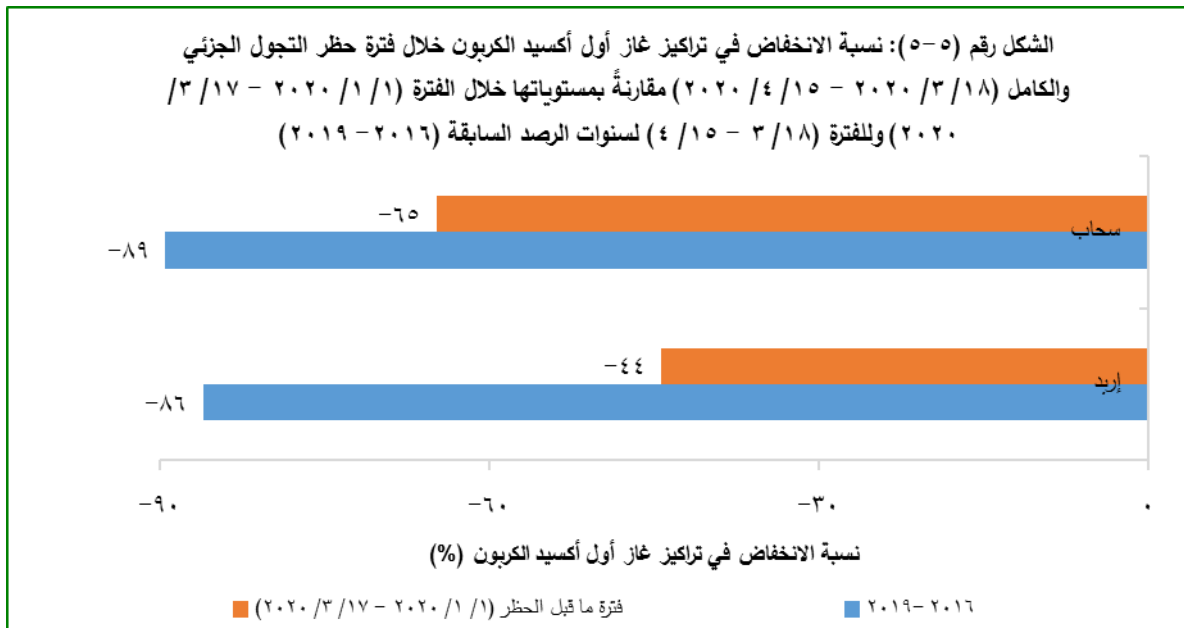
تم رصد غاز ثاني أكسيد النيتروجين في موقعي الرصد في إربد وسحاب وقد أظهرت نتائج الرصد لفترة الدراسة (٢٠٢٠/١/١ - ٢٠٢٠/١٢/٣١) حدوث انخفاض ملحوظ في مستويات غاز ثاني أكسيد النيتروجين في موقعي الرصد خلال الفترة (٢٠٢٠/٤/١٥ - ٢٠٢٠/٣/١٨) مقارنةً بمستوياتها خلال نفس الفترة (٣/١٨ - ٤/١٥) لسنوات الرصد السابقة (٢٠١٩ - ٢٠١٦) والفترة التي سبقت حالة حظر التجول بنسبٍ تراوحت بين ١٠% - ٧٥%. وهذا يدل على تأثير موقعي الرصد بإجراءات فرض حظر التجول وما رافقه من توقف لأغلب الأنشطة الصناعية والتجارية والبشرية. كما أن عوادم المركبات والنشاطات الصناعية من أهم العوامل التي تساهم في زيادة تراكيز هذا الغاز في الهواء المحيط.

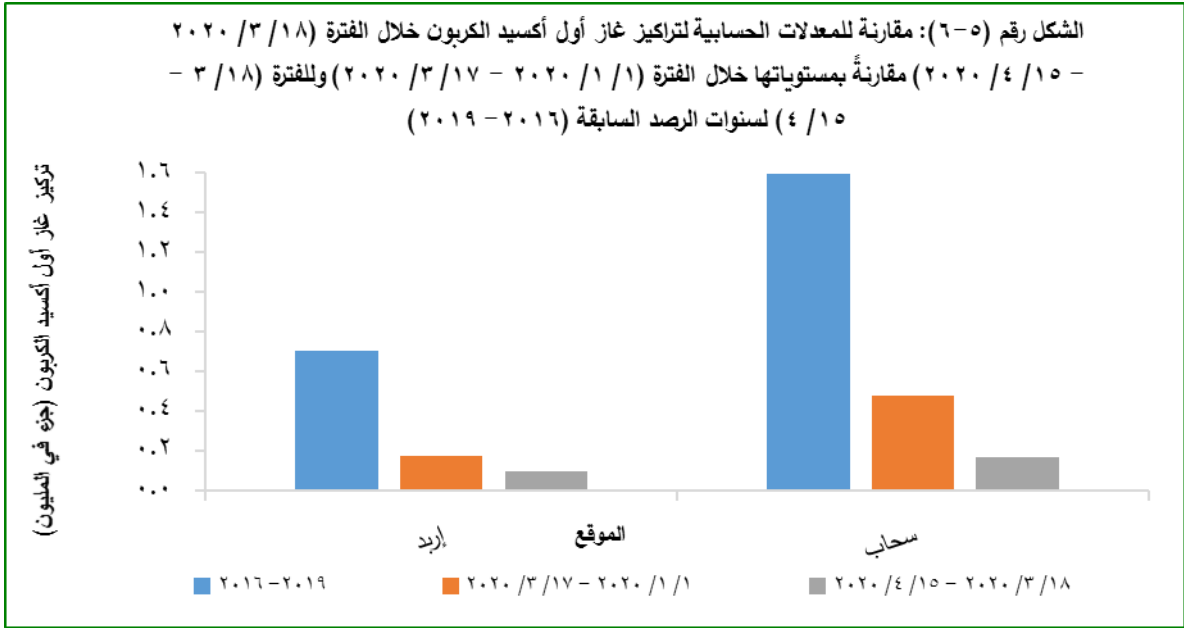




### ٣-٥ غاز أول أكسيد الكربون (CO)

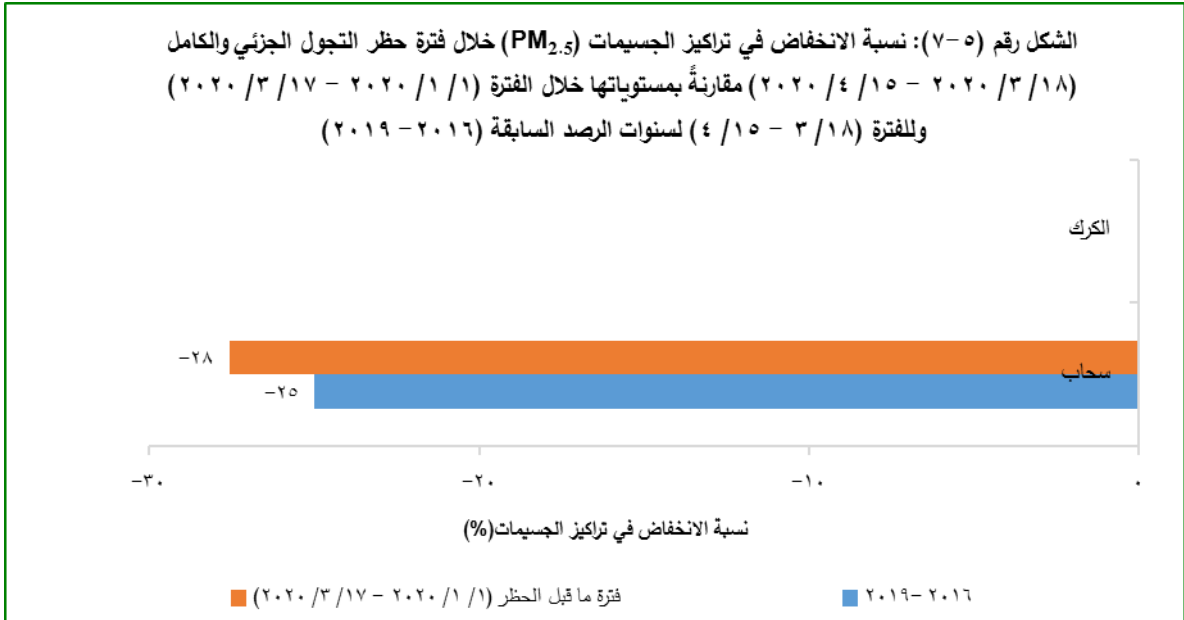
تم رصد غاز أول أكسيد الكربون في موقعي الرصد في إربد وسحاب وقد أظهرت نتائج الرصد لفترة الدراسة (٢٠٢٠/١/١ - ٢٠٢٠/٣/١٨) حدوث انخفاض ملحوظ في مستويات هذا الغاز في موقعي الرصد خلال الفترة (٢٠٢٠/٣/١٨ - ٢٠٢٠/٤/١٥) مقارنةً بمستوياتها خلال نفس الفترة (٣/١٨ - ٤/١٥) لسنوات الرصد السابقة (٢٠١٦ - ٢٠١٩) والفترة التي سبقت حالة حظر التجول بنسبٍ تراوحت بين ٤٤% - ٨٩% وهذا يدل على تأثير موقعي الرصد بإجراءات فرض حظر التجول وما رافقه من توقف لأغلب الأنشطة الصناعية والتجارية والبشرية. وهذا يوضح أن عوادم المركبات والنشاطات الصناعية من أهم العوامل التي تساهم في زيادة تراكيز هذا الغاز في الهواء المحيط.



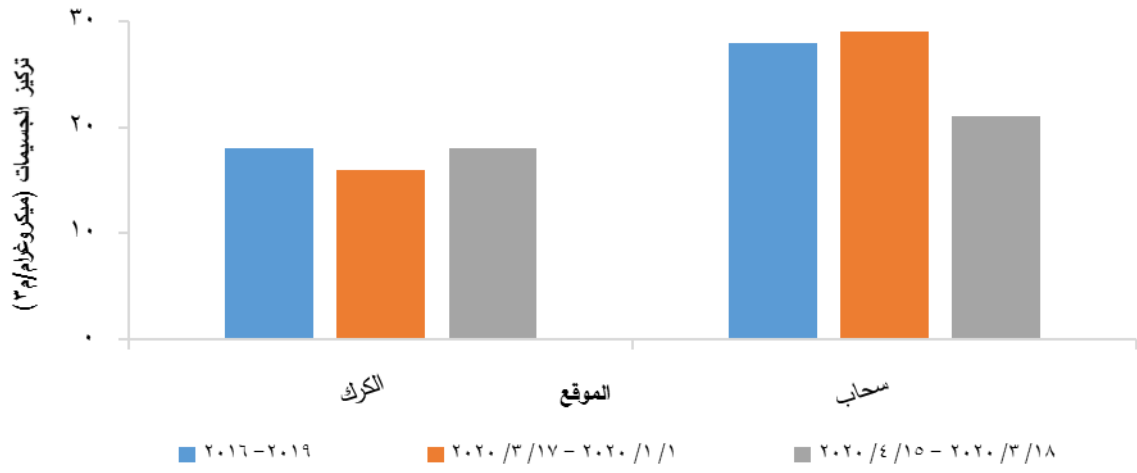


#### ٤-٥ الجسيمات الدقيقة بقطر يقل عن أو يساوي ٢,٥ ميكرون ( $PM_{2.5}$ )

تم مراقبة مستويات الجسيمات بقطر يقل عن أو يساوي ٢,٥ ميكرون ( $PM_{2.5}$ ) في موقعي الرصد في سحاب والكرك. ويبين الشكل رقم (٤-٥) أدناه حدوث انخفاض في مستويات الجسيمات ( $PM_{2.5}$ ) في موقع الرصد في سحاب خلال الفترة (٢٠٢٠ / ٣ / ١٨ - ٢٠٢٠ / ٤ / ١٥) مقارنةً بمستوياتها خلال نفس الفترة (٢٠١٩ - ٢٠١٦) (٤ / ١٥ - ٣ / ١٨) لسنوات الرصد السابقة (٢٠١٩ - ٢٠١٦) وللفترة التي سبقت حالة حظر التجول بنسبة ٢٥% و ٢٨% على التوالي. ويجدر الإشارة بالذكر بأن موقعي الرصد تأثرا بالعواصف الرملية والرياح الخماسينية التي شهدتها المملكة خلال شهري آذار ونيسان ٢٠٢٠.



الشكل رقم (٥-٨): مقارنة للمعدلات الحسابية للجسيمات ( $PM_{2.5}$ ) خلال الفترة (٢٠٢٠ / ٣ / ١٨ - ٢٠٢٠ / ٤ / ١٥) مقارنةً بمستوياتها خلال الفترة (٢٠٢٠ / ١ / ١ - ٢٠٢٠ / ٣ / ١٧) وللفترة (٢٠٢٠ / ٣ / ١٨ - ٢٠٢٠ / ٤ / ١٥) لسنوات الرصد السابقة (٢٠١٦ - ٢٠١٩)



## ٦. التوصيات

تؤكد نتائج الدراسة الحالية التي تغطي فترة الرصد من ٢٠٢٠/١/١ إلى ٢٠٢٠/١٢/٣١ 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 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. كما يوصى بتنفيذ و/أو دراسة امكانية تنفيذ التوصيات التالية:

- انشاء أنظمة نقل (عام أو جماعي) مستدامة وذات كفاءة عالية ونظيفة تساهم في تخفيف الاختناقات المرورية والحد من تلوث الهواء.
- تشجيع الشركات والمنشآت الصناعية على الاستثمار بشكل فعال في الطاقة المتجددة وحلول الطاقة النظيفة الأخرى والتحكم بالانبعاثات الصادرة منها.

- دراسة إمكانية العمل عن بعد لبعض النشاطات حيث أن ذلك يساهم في خفض التلوث الناجم عن كثافة الحركة المرورية للذهاب للدوام والعودة منه، وتشجيع الاجتماعات على منصات الإنترنت المختلفة والتوسع بالتعليم عن بعد خاصة في الجامعات.
- وضع آليات حكومية تحفز الاستثمار في البدائل الخضراء الأكثر كفاءة في استهلاك الموارد الطبيعية والأقل تلوثاً للبيئة في جميع القطاعات خاصة في القطاع الصناعي وقطاع النقل.



## ملحق (١)

خرائط تبين مواقع الرصد

ومصادر التلوث الثابتة



Google Earth

Image © 2021 Maxar Technologies  
Image © 2021 CNES / Airbus  
© 2021 ORION-ME

موقع رصد سحاب

مجمع غرب الرياض عجم

مدينة الملك عبد الله الثاني الاقتصادية / سحاب

2 km







Google Earth

© 2021 Google

© 2021 ORION-WE

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)**

Equipment	PM	Frequency
<b>SO<sub>2</sub> Analyzer Model AF22M</b>	Replacement of sample inlet filter	Biweekly
	Check of electrical parameters	Monthly
	Replacement of internal zero filter cartridge	Annually
	Check of pump valves and diaphragms	6 months
	Replacement of kicker zero filter cartridge	Not required; the changed inlet zero filter will be installed to replace it.
	Replacement of UV lamp	When required depending on the voltage reading.

Equipment	PM	Frequency
<b>SO<sub>2</sub> Analyzer Model APSA 370</b>	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
	Replace the pump	Biennial
	Change the battery	Every 3 years or when BATT alarm occurs

**Table 2: The schedule of the preventive maintenance of nitrogen oxides analyzer (Chemiluminescent)**

Equipment	PM	Frequency
<b>NOx Analyzer Model APNA 370</b>	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
	Replace the solenoid valve	Every 3 years
Change the battery	Every 3 years or when BATT alarm occurs	

Equipment	PM	Frequency
<b>NOx Analyzer Model 42i</b>	Inspect the sample filter and replace if necessary	Biweekly
	Clean the outside case using a damp cloth	Monthly
	Check of electrical parameters (flow rate, chamber pressure, cooler temp. and internal temp.)	Monthly
	Replacement of ozonator air feed drying column	If required
	Inspect and replace (if required) the capillaries	When the instrument

Equipment	PM	Frequency
		performance indicates that there may be a flow problem or gives high pressure value.
	Inspect and clean (if required) the thermoelectric cooler fins	When the cooler temp. parameter is very close to the acceptable limits
	Inspect and clean (if required) the fan filters	When the cooler temp. and the internal temp. parameters are very close to the acceptable limits
	Check the pump diaphragms and rebuild the pump if needed	When the instrument performance indicates that there may be a flow problem or gives high pressure value.
	Replace the NO <sub>2</sub> converter	Annually, check the analyzer's response to NO <sub>2</sub> reference material and replace the converter if the efficiency is less than 90%.

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

Equipment	PM	Frequency
<b>PM<sub>2.5</sub> Analyzer Model BAM-1020</b>	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
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**

Equipment	PM	Frequency
<b>CO Analyzer Model APMA 370</b>	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 catalyst unit	Annual

Equipment	PM	Frequency
	Replace the filter element	Annual
	Replace the scrubber	Annual
	Replace the pump	Biennial
	Replace the solenoid valve unit	Biennial
	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	<b>Check of zero point</b> This operation consists of comparing the monitor response for zero. Frequency: monthly $\pm$ 2 weeks.
	<b>1-point calibration</b> This is a procedure for checking and correcting the response of the monitor at a span point. Frequency: monthly $\pm$ 2 weeks.
PM <sub>2.5</sub> analyzer	<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.
Weather parameters	<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



## ملحق (٣)

قيم الارتياح لأعلى المعدلات

الساعية واليومية للملوثات

الغازية المسجلة في كل موقع

تم حساب قيمة الارتياح 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 الارتياح لكل ملوث يعتمد على عدة عوامل وهي مواصفات الجهاز وتركيز الغاز المرجعي الذي تم استخدامه في المعايرة وقيمة الارتياح لهذا الغاز وفيما يلي ملخص لقيم الارتياح المحسوبة لكل ملوث في كل موقع.

الموقع	الملوث	وحدة القياس	أعلى معدل ساعي	قيمة الارتياح
إربد	غاز ثاني أكسيد الكبريت	جزء في المليون	٠,١٢١	٠,٠٠٥
	غاز ثاني أكسيد النيتروجين	جزء في المليون	٠,٠٦٤	٠,٠٠٩
	غاز أول أكسيد الكربون	جزء في المليون	١,٤٦	٠,٠٧
سحاب	غاز ثاني أكسيد الكبريت	جزء في المليون	٠,٠٣٨	٠,٠٠٣
	غاز ثاني أكسيد النيتروجين	جزء في المليون	٠,١١٨	٠,٠٠٩
	غاز أول أكسيد الكربون	جزء في المليون	٤,٤٩	٠,٢٤

الموقع	الملوث	وحدة القياس	أعلى معدل يومي	قيمة الارتياح
إربد	غاز ثاني أكسيد الكبريت	جزء في المليون	٠,٠٤٧	٠,٠٠٣
	غاز ثاني أكسيد النيتروجين	جزء في المليون	٠,٠٢٢	٠,٠٠٨
	غاز أول أكسيد الكربون*	جزء في المليون	٠,٦٤	٠,٠٦
سحاب	غاز ثاني أكسيد الكبريت	جزء في المليون	٠,٠١٣	٠,٠٠٣
	غاز ثاني أكسيد النيتروجين	جزء في المليون	٠,٠٦٧	٠,٠٠٩
	غاز أول أكسيد الكربون*	جزء في المليون	٢,٠٨	٠,١٢

\* أعلى معدل ٨ - ساعات