وزارة البيـــئة

مراقبة الملوثات الغازية في منطقة الهاشمية – محافظة الزرقاء

التقرير النهائي لعام ٢٠٢٢

(كانون ثاني ٢٠٢٢ – كانون أول ٢٠٢٢)

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

وزارة البيـــئة

مراقبة الملوثات الغازية في منطقة الهاشمية / محافظة الزرقاء

التقريـر النهائي

(٢٠٢٢/١/١ – ٢٠٢٢/١٢/٣١)

مقدم إلى

وزارة البيئـــة

إعـداد

قسم دراسات الهـواء

مركز المياه والبيئة والتغير المناخي

الجمعيـة العلميـة الملكيـة

حقــوق النشـــر

حقوق النشر محفوظة لوزارة البيئــة

ولا يجوز استعمال المعلومات الواردة في هذا التقرير

إلا بعد الحصول على موافقة خطية من الوزارة

المحتويـــات

	رقم الصفحة
قائمة الجداول الواردة ضمن نص التقرير	أ
قائمة الأشكال الواردة ضمن نص التقرير	ب
الخلاصـة باللغة العربية	ح
الخلاصـة باللغة الانجليزية	ك
١ المقدمة	١
١-١ أهداف الدراسة	٢
١-٢ ملوثات الهواء المحيط التي رُصدت في الدراسة	٢
١-٢-١ ثاني أكسيد الكبريت (SO_2)	٢
١-٢-٢ كبريتيد الهيدروجين (H_2S)	٣
١-٢-٣ أكاسيد النيتروجين (NO, NO_2 & NO_x)	٣
١-٢-٤ أكاسيد الكربون (CO & CO_2)	٣
١-٣ مواقع الرصد	٤
١-٤ أسلوب العمل وأجهزة القياس المستخدمة	٦
٢ نتائج الدراسة	٧
٢-١ ثاني أكسيد الكبريت (SO_2)	٧
٢-١-١ مركز التدريب الكهربائي	٧
٢-١-٢ مدرسة أمينة الغفارية	١١
٢-١-٣ حديقة الهاشمية	١٤
٢-٢ كبريتيد الهيدروجين (H_2S)	١٧
٢-٢-١ مدرسة أمينة الغفارية	١٨
٢-٢-٢ حديقة الهاشمية	٢١
٢-٣ أكاسيد النيتروجين (NO, NO_2 & NO_x)	٢٤
٢-٤ أكاسيد الكربون (CO & CO_2)	٢٧
٢-٤-١ مركز التدريب الكهربائي	٢٨
٢-٤-٢ مدرسة أمينة الغفارية	٣٠
٢-٥ درجة الحرارة والرطوبة النسبية	٣١
٢-٦ سرعة وإتجاه الرياح	٣٢

٣ مناقشة نتائج الدراسة **٣٤**
٣-١ ثاني أكسيد الكبريت (SO_2) **٣٤**
٣-٢ كبريتيد الهيدروجين (H_2S) **٣٨**
٣-٣ أكاسيد النيتروجين (NO, NO_2 & NO_x) **٤٢**
٣-٤ أكاسيد الكربون (CO & CO_2) **٤٣**
٤ مؤشر جودة الهواء **٤٦**
٥ مقارنة نتائج الدراسة الحالية مع الدراسات السابقة **٤٨**
٥-١ ثاني أكسيد الكبريت (SO_2) **٤٨**
٥-٢ كبريتيد الهيدروجين (H_2S) **٤٩**
٥-٣ أكاسيد النيتروجين (NO, NO_2 & NO_x) **٥٠**
٥-٤ أكاسيد الكربون (CO & CO_2) **٥١**
٥-٥ سرعة واتجاه الرياح **٥٢**
٦ التوصيـــات **٥٥**

ملحق (١): برنامج الصيانة الدورية والمعايرة لأجهزة القياس المستخدمة
ملحق (٢): قيم الارتياب لأعلى المعدلات الساعية واليومية ونسب المطابقة للمواصفة الاردنية المُسجلة في كل موقع للملوثات الغازية

قائمــة الجـداول الواردة ضمن نص التقرير

رقم الصفحة

جدول (١-١): الحدود القصوى المسموح بها لملوثات الهواء المحيط المتضمنة في الدراسة (القاعدة الفنية الأردنية رقم ٢٠٠٦/١١٤٠). ٢

جدول (١-٢): مواقع رصد الملوثات الغازية في منطقة الهاشمية/ الزرقاء. ٤

جدول (١-٣): الأجهزة المستخدمة في رصد نوعية الهواء المحيط في منطقة الهاشمية. ٦

جدول (٥-١): مقارنة بين إتجاه الرياح السائدة وسرعة الرياح السائدة في موقع مركز التدريب الكهربائي خلال سنوات الرصد (٢٠٠٩ -٢٠٢٢). ٥٢

جدول (٥-٢): الرياح السائدة وتوزيع سرعة واتجاه الرياح خلال أشهر الرصد في الهاشمية خلال عام ٢٠٢٢ وفترات الرصد السابقة. ٥٣

قائمــة الأشكال الواردة ضمن نص التقرير

رقم الصفحة

الشكل (١-١): مصفاة البترول الأردنية ١

الشكل (١ – ٢): خارطة تبين مواقع الرصد ومصادر التلوث في منطقة الهاشمية ٥

الشكل (٢-١): مقارنة بين أعلى المعدلات الساعية واليومية لغاز ثاني أكسيد الكبريت المسجلة في جميع مواقع الرصد خلال عام ٢٠٢٢ ٧

الشكل (٢-٢): المعدلات اليوميّة والمعدلات الساعيّة القصوى المسجلة يومياً لتركيز غاز ثاني أكسيد الكبريت في موقع مركز التدريب الكهربائي، خلال عام ٢٠٢٢ ٨

الشكل (٢-٣): نسب وعدد تجاوزات المعدلات الساعية لتركيز غاز ثاني أكسيد الكبريت للحد المنصوص عليه في القاعدة الفنية الأردنية لنوعية الهواء المحيط في موقع مركز التدريب الكهربائي، (٢٠٠٩– ٢٠٢٢) ٩

الشكل (٢-٤): نسب وعدد تجاوزات المعدلات اليومية لتركيز غاز ثاني أكسيد الكبريت للحد المنصوص عليه في القاعدة الفنية الأردنية لنوعية الهواء المحيط في موقع مركز التدريب الكهربائي، (٢٠٠٩– ٢٠٢٢) ١٠

الشكل (٢-٥): المعدلات الشهرية لتركيز غاز ثاني أكسيد الكبريت في موقع مركز التدريب الكهربائي، خلال عام ٢٠٢٢ ١٠

الشكل (٢-٦): المعدلات السنوية لتركيز غاز ثاني أكسيد الكبريت في موقع مركز التدريب الكهربائي، (٢٠٠٩- ٢٠٢٢) ١١

الشكل (٢-٧): المعدلات اليوميّة والمعدلات الساعيّة القصوى المسجلة يومياً لتركيز غاز ثاني أكسيد الكبريت في موقع مدرسة أمينة الغفارية، خلال عام ٢٠٢٢ ١٢

الشكل (٢-٨): نسب وعدد تجاوزات المعدلات الساعية لتركيز غاز ثاني أكسيد الكبريت للحد المنصوص عليه في القاعدة الفنية الأردنية لنوعية الهواء المحيط في موقع مدرسة أمينة الغفارية/مدرسة ابن الانباري، (٢٠٠٩– ٢٠٢٢) ١٢

الشكل (٢-٩): نسب وعدد تجاوزات المعدلات اليومية لتركيز غاز ثاني أكسيد الكبريت للحد المنصوص عليه في القاعدة الفنية الأردنية لنوعية الهواء المحيط في موقع مدرسة أمينة الغفارية/مدرسة ابن الانباري، (٢٠٠٩– ٢٠٢٢) ١٣

الشكل (٢-١٠): المعدلات الشهرية لتركيز غاز ثاني أكسيد الكبريت في موقع مدرسة أمينة الغفارية، خلال عام ٢٠٢٢ ١٣

الشكل (٢-١١): المعدلات السنوية لتركيز غاز ثاني أكسيد الكبريت في موقع مدرسة أمينة الغفارية/مدرسة ابن الانباري، (٢٠٠٩- ٢٠٢٢) ١٤

الشكل (٢-١٢): المعدلات اليوميّة والمعدلات الساعيّة القصوى المسجلة يومياً لتركيز غاز ثاني أكسيد الكبريت في موقع حديقة الهاشمية، خلال عام ٢٠٢٢ ١٥

الشكل (٢-١٣): نسب وعدد تجاوزات المعدلات الساعية لتركيز غاز ثاني أكسيد الكبريت للحد المنصوص عليه في القاعدة الفنية الأردنية لنوعية الهواء المحيط في موقع حديقة الهاشمية/مدرسة أم شريك، (٢٠٠٩– ٢٠٢٢) ١٥

الشكل (٢-١٤): نسب وعدد تجاوزات المعدلات اليومية لتركيز غاز ثاني أكسيد الكبريت للحد المنصوص عليه في القاعدة الفنية الأردنية لنوعية الهواء المحيط في موقع حديقة الهاشمية/مدرسة أم شريك، (٢٠٠٩– ٢٠٢٢) ١٦

الشكل (٢-١٥): المعدلات الشهرية لتركيز غاز ثاني أكسيد الكبريت في موقع حديقة الهاشمية، خلال عام ٢٠٢٢ ١٦

الشكل (٢-١٦): المعدلات السنوية لتركيز غاز ثاني أكسيد الكبريت في موقع حديقة الهاشمية/مدرسة أم شريك، (٢٠٠٩- ٢٠٢٢) ١٧

الشكل (٢-١٧): مقارنة بين أعلى المعدلات الساعية واليومية لغاز كبريتيد الهيدروجين المسجلة في موقعي الرصد خلال عام ٢٠٢٢ ١٧

الشكل (٢-١٨): المعدلات اليوميّة والمعدلات الساعيّة القصوى المسجلة يومياً لتركيز غاز كبريتيد الهيدروجين في موقع مدرسة أمينة الغفارية، خلال عام ٢٠٢٢ ١٨

الشكل (٢-١٩): نسب وعدد تجاوزات المعدلات الساعية لتركيز غاز كبريتيد الهيدروجين للحد المنصوص عليه في القاعدة الفنية الأردنية لنوعية الهواء المحيط في موقع مدرسة أمينة الغفارية/مدرسة ابن الانباري، (٢٠٠٩– ٢٠٢٢) ١٩

الشكل (٢-٢٠): نسب وعدد تجاوزات المعدلات اليومية لتركيز غاز كبريتيد الهيدروجين للحد المنصوص عليه في القاعدة الفنية الأردنية لنوعية الهواء المحيط في موقع مدرسة أمينة الغفارية/مدرسة ابن الانباري، (٢٠٠٩– ٢٠٢٢) ٢٠

الشكل (٢-٢١): المعدلات الشهرية لتركيز غاز كبريتيد الهيدروجين في موقع مدرسة أمينة الغفارية، خلال عام ٢٠٢٢ ٢٠

الشكل (٢-٢٢): المعدلات السنوية لتركيز غاز كبريتيد الهيدروجين في موقع مدرسة أمينة الغفارية/مدرسة ابن الانباري، (٢٠٠٩- ٢٠٢٢) ٢١

الشكل (٢-٢٣): المعدلات اليوميّة والمعدلات الساعيّة القصوى المسجلة يومياً لتركيز غاز كبريتيد الهيدروجين في موقع حديقة الهاشمية، خلال عام ٢٠٢٢ ٢٢

الشكل (٢-٢٤): نسب وعدد تجاوزات المعدلات الساعية لتركيز غاز كبريتيد الهيدروجين للحد المنصوص عليه في القاعدة الفنية الأردنية لنوعية الهواء المحيط في موقع حديقة الهاشمية/مدرسة أم شريك، (٢٠٠٩– ٢٠٢٢) ٢٢

الشكل (٢-٢٥): نسب وعدد تجاوزات المعدلات اليومية لتركيز غاز كبريتيد الهيدروجين للحد المنصوص عليه في القاعدة الفنية الأردنية لنوعية الهواء المحيط في موقع حديقة الهاشمية/مدرسة أم شريك، (٢٠٠٩– ٢٠٢٢) ٢٣

الشكل (٢-٢٦): المعدلات الشهرية لتركيز غاز كبريتيد الهيدروجين في موقع حديقة الهاشمية، خلال عام ٢٠٢٢ ٢٣

الشكل (٢-٢٧): المعدلات السنوية لتركيز غاز كبريتيد الهيدروجين في موقع حديقة الهاشمية/مدرسة أم شريك، (٢٠٠٩-٢٠٢٢) ٢٤

الشكل (٢-٢٨): أعلى المعدلات الساعية واليومية والمعدل السنوي لغاز ثاني أكسيد النيتروجين المسجلة في موقع مركز التدريب الكهربائي خلال عام ٢٠٢٢ ٢٥

الشكل (٢-٢٩): المعدلات الساعيّة القصوى المسجلة يومياً لتركيز غازات أكاسيد النيتروجين في موقع مركز التدريب الكهربائي، خلال عام ٢٠٢٢ ٢٥

الشكل (٢-٣٠): المعدلات اليوميّة لتركيز غازات أكاسيد النيتروجين في موقع مركز التدريب الكهربائي، خلال عام ٢٠٢٢ ٢٦

الشكل (٢-٣١): المعدلات الشهرية لتركيز غاز ثاني أكسيد النيتروجين في موقع مركز التدريب الكهربائي، خلال عام ٢٠٢٢ ٢٦

الشكل (٢-٣٢): المعدلات السنوية لتركيز غاز ثاني أكسيد النيتروجين في موقع مركز التدريب الكهربائي، (٢٠٠٩- ٢٠٢٢) ٢٧

الشكل (٢-٣٣): مقارنة بين أعلى المعدلات الساعية وأعلى معدل ٨ ساعات لغاز أول أكسيد الكربون المسجلة في موقعي الرصد خلال عام ٢٠٢٢ ٢٨

الشكل (٢-٣٤): مقارنة بين أعلى المعدلات الساعية واليومية لغاز ثاني أكسيد الكربون في موقعي الرصد خلال عام ٢٠٢٢ ٢٨

الشكل (٢-٣٥): المعدلات الساعية ومعدل ٨-ساعات القصوى المسجلة يومياً لغاز أول أكسيد الكربون في موقع مركز التدريب الكهربائي، خلال عام ٢٠٢٢ ٢٩

الشكل (٢-٣٦): المعدلات الشهرية لغاز أول أكسيد الكربون في موقع مركز التدريب الكهربائي، خلال عام ٢٠٢٢ ٢٩

الشكل (٢-٣٧): المعدلات السنوية لتركيز غاز أول أكسيد الكربون في موقع مركز التدريب الكهربائي، (٢٠٠٩- ٢٠٢٢) ٢٩

الشكل (٢-٣٨): المعدلات الساعية ومعدل ٨-ساعات القصوى المسجلة يومياً لغاز أول أكسيد الكربون في موقع مدرسة أمينة الغفارية، خلال عام ٢٠٢٢ ٣٠

الشكل (٢-٣٩): المعدلات الشهرية لتركيز غاز أول أكسيد الكربون في موقع مدرسة أمينة الغفارية، خلال عام ٢٠٢٢ ٣١

الشكل (٢-٤٠): المعدلات السنوية لتركيز غاز أول أكسيد الكربون في موقع مدرسة أمينة الغفارية/مدرسة ابن الانباري، (٢٠٠٩- ٢٠٢٢) ٣١

الشكل (٢-٤١): المعدلات اليومية وأدنى وأعلى معدل ساعي للرطوبة النسبية في موقع مركز التدريب الكهربائي، خلال عام ٢٠٢٢ ٣١

الشكل (٢-٤٢): المعدلات اليومية وأدنى وأعلى معدل ساعي لدرجة الحرارة في موقع مركز التدريب الكهربائي، خلال عام ٢٠٢٢ ٣٢

الشكل (٢-٤٣): توزيع اتجاه الرياح في موقع مركز التدريب الكهربائي خلال عام ٢٠٢٢ ٣٢

الشكل (٢-٤٤): توزيع سرعة الرياح (عقدة) في موقع مركز التدريب الكهربائي خلال عام ٢٠٢٢ ٣٣

الشكل (٢-٤٥): مخطط لوردة الرياح (wind rose plot) في موقع مركز التدريب الكهربائي خلال عام ٢٠٢٢. ٣٣

الشكل (٣-١): توزيع سرعة الرياح الساكنة في موقع مركز التدريب الكهربائي خلال عام ٢٠٢٢ ٣٤

الشكل (٣-٢): معدلات تراكيز غاز ثاني أكسيد الكبريت وسرعة الرياح لكل ساعة من ساعات اليوم في مواقع الرصد في الهاشمية، خلال عام ٢٠٢٢. ٣٥

الشكل (٣-٣): توزيع المعدلات الساعية لتركيز غاز ثاني أكسيد الكبريت في مركز التدريب الكهربائي مع اتجاه الرياح خلال عام ٢٠٢٢ ٣٦

الشكل (٣-٤): توزيع المعدلات الساعية لتركيز غاز ثاني أكسيد الكبريت في مدرسة أمينة الغفارية مع اتجاه الرياح خلال عام ٢٠٢٢ ٣٦

الشكل (٣-٥): توزيع المعدلات الساعية لتركيز غاز ثاني أكسيد الكبريت في حديقة الهاشمية مع اتجاه الرياح خلال عام ٢٠٢٢ ٣٧

الشكل (٣-٦): توزيع اتجاه الرياح خلال اليوم الذي سُجل فيه تجاوز للحد اليومي الذي تنص عليه القاعدة الفنية الأردنية لنوعية الهواء المحيط رقم ٢٠٠٦/١١٤٠) لغاز ثاني أكسيد الكبريت في موقع مركز التدريب الكهربائي خلال عام ٢٠٢٢ ٣٧

الشكل (٣-٧): توزيع سرعة الرياح (عقدة) خلال اليوم الذي سُجل فيه تجاوز للحد اليومي الذي تنص عليه القاعدة الفنية الأردنية لنوعية الهواء المحيط رقم ٢٠٠٦/١١٤٠) لغاز ثاني أكسيد الكبريت في موقع مركز التدريب الكهربائي خلال عام ٢٠٢٢ ٣٨

الشكل (٣-٨): معدلات تراكيز غاز كبريتيد الهيدروجين وسرعة الرياح لكل ساعة من ساعات اليوم في مواقع الرصد في الهاشمية، خلال عام ٢٠٢٢ ٣٩

الشكل (٣-٩): توزيع المعدلات الساعية لتركيز غاز كبريتيد الهيدروجين في مدرسة أمينة الغفارية مع اتجاه الرياح خلال عام ٢٠٢٢ ٤٠

الشكل (٣-١٠): توزيع المعدلات الساعية لتركيز غاز كبريتيد الهيدروجين في حديقة الهاشمية مع اتجاه الرياح خلال عام ٢٠٢٢ ٤٠

الشكل (٣-١١): توزيع اتجاه الرياح خلال اليوم الذي سُجل فيه تجاوز للحد اليومي الذي تنص عليه القاعدة الفنية الأردنية لنوعية الهواء المحيط رقم ٢٠٠٦/١١٤٠) لغاز كبريتيد الهيدروجين في مدرسة أمينة الغفارية خلال عام ٢٠٢٢ ٤١

الشكل (٣-١٢): توزيع سرعة الرياح (عقدة) خلال اليوم الذي سُجل فيه تجاوز للحد اليومي الذي تنص عليه القاعدة الفنية الأردنية لنوعية الهواء المحيط رقم ٢٠٠٦/١١٤٠) لغاز كبريتيد الهيدروجين في مدرسة أمينة الغفارية خلال عام ٢٠٢٢ ٤١

الشكل (٣-١٣): معدلات تراكيز غاز ثاني أكسيد النيتروجين وسرعة الرياح لكل ساعة من ساعات اليوم في مركز التدريب الكهربائي، خلال عام ٢٠٢٢ ٤٢

الشكل (٣-١٤): توزيع المعدلات الساعية لتركيز غاز ثاني أكسيد النيتروجين في موقع مركز التدريب الكهربائي مع اتجاه الرياح خلال عام ٢٠٢٢ ٤٣

الشكل (٣-١٥): معدلات تراكيز غاز أول أكسيد الكربون وسرعة الرياح لكل ساعة من ساعات اليوم في مركز التدريب الكهربائي، خلال عام ٢٠٢٢ ٤٤

الشكل (٣-١٦): توزيع المعدلات الساعية لتركيز غاز أول أكسيد الكربون في مركز التدريب الكهربائي مع اتجاه الرياح خلال عام ٢٠٢٢ ٤٥

الشكل (٣-١٧): توزيع المعدلات الساعية لتركيز غاز أول أكسيد الكربون في مدرسة أمينة الغفارية مع اتجاه الرياح خلال عام ٢٠٢٢ ٤٥

الشكل (٤-١) :توزيع مؤشر جودة الهواء حسب وكالة حماية البيئة (EPA) في موقع مركز التدريب الكهربائي خلال عام ٢٠٢٢ ٤٦

الشكل (٤-٢) :توزيع مؤشر جودة الهواء حسب وكالة حماية البيئة (EPA) في موقع مدرسة أمينة الغفارية خلال عام ٢٠٢٢ ٤٧

الشكل (٤-٣) :توزيع مؤشر جودة الهواء حسب وكالة حماية البيئة (EPA) في موقع حديقة الهاشمية خلال عام ٢٠٢٢ ٤٧

الشكل (٥-١): مقارنة بين المعدلات السنوية لغاز ثاني أكسيد الكبريت المسجلة في جميع مواقع الرصد خلال سنوات الرصد (٢٠٠٩ - ٢٠٢٢) ٤٨

الشكل (٥-٢): مقارنة بين المعدلات السنوية لغاز كبريتيد الهيدروجين المسجلة في موقعي الرصد خلال سنوات الرصد (٢٠٠٩ - ٢٠٢٢) ٤٩

الشكل (٥-٣): مقارنة بين المعدلات السنوية لغاز ثاني أكسيد النيتروجين المسجلة في موقع مركز التدريب الكهربائي خلال سنوات الرصد (٢٠٠٩ - ٢٠٢٢) ٥٠

الشكل (٥-٤): مقارنة بين المعدلات السنوية لغاز أول أكسيد الكربون المسجلة في موقعي الرصد خلال سنوات الرصد (٢٠٠٩ - ٢٠٢٢) ٥١

الشكل (٥-٥): مقارنة بين المعدلات السنوية لغاز ثاني أكسيد الكربون المسجلة في موقعي الرصد خلال سنوات الرصد (٢٠٠٩ - ٢٠٢٢) ٥١

الخلاصــة

تقع بلدة الهاشمية في المنطقة الشمالية الشرقية من محافظة الزرقاء ويُقدر عدد سكانها حتى نهاية عام ٢٠٢٢ بحسب دائرة الإحصاءات العامة بـ ٩٥٥٦٠ نسمة وهي محاطة بالعديد من مصادر تلوث الهواء خاصة نشاطات تكرير النفط الخام في مصفاة البترول الأردنية، وتوليد الكهرباء في محطة السمرا ومحطة الزرقاء لتوليد الكهرباء ومعالجة المياه العادمة المنزلية في محطة السمرا وكذلك مصانع الحديد وصهر المعادن، والتي تساهم بدرجات متفاوتة في تلوث الهواء في تلك المنطقة. كذلك تجدر الإشارة إلى كثافة حركة السير والتي قد تساهم في تلوث الهواء في تلك المنطقة خاصة من المركبات التي تعمل على وقود الديزل.

هدفت هذه الدراسة والتي امتدت لمدة عام (٢٠٢٢/١/١ – ٢٠٢٢/١٢/٣١) إلى رصد وتقييم مستويات الملوثات الغازية في الهواء المحيط في بلدة الهاشمية الواقعة في محافظة الزرقاء؛ وتأتي هذه الدراسة استكمالاً للدراسات السابقة والتي تنفذها وزارة البيئة من خلال الجمعية العلمية الملكية انطلاقاً من الواجبات والمهام الموكلة للوزارة في مراقبة نوعية الهواء في المملكة استناداً إلى قانون حماية البيئة رقم ٦ لعام ٢٠١٧.

وقد تم اختيار ثلاثة مواقع في بلدة الهاشمية لرصد الملوثات الغازية وهي مركز التدريب الكهربائي ومدرسة أمينة الغفارية لقربهما من مصفاة البترول الأردنية ومحطة الزرقاء لتوليد الطاقة الكهربائية، وحديقة الهاشمية القريبة من محطة السمرا لتنقية المياه العادمة المنزلية ومحطة السمرا لتوليد الكهرباء. كما تم رصد درجة الحرارة والرطوبة النسبية وسرعة واتجاه الرياح في منطقة الهاشمية في موقع الرصد في مركز التدريب الكهربائي لما للظروف الجوية من أهمية كبيرة في انتشار الملوثات في الهواء المحيط. أظهرت نتائج الدراسة التالي، انظر الجدول رقم (١) والجدول رقم (٢):

- كانت مستويات غاز ثاني أكسيد الكبريت في موقعي الرصد في مدرسة أمينة الغفارية وحديقة الهاشمية ضمن الحدود المنصوص عليها في القاعدة الفنية الأردنية لنوعية الهواء المحيط رقم ٢٠٠٦/١١٤٠. في حين سُجل ٨ تجاوزات للحد الساعي اي ما نسبته ٠,١% و سُجل تجاوز يومي واحد اي ما نسبته ٠,٣% في مركز التدريب الكهربائي، وعلى الرغم من أنها لم تتجاوز عدد مرات التجاوز المسموح به للتجاوزات اليومية (مرة في السنة)، إلا أنها تجاوزت عدد مرات التجاوز المسموح به للتجاوزات الساعية (٣ مرات في السنة) المنصوص عليها في القاعدة الفنية الأردنية لنوعية الهواء المحيط رقم ٢٠٠٦/١١٤٠.
- كانت مستويات غاز كبريتيد الهيدروجين في موقعي الرصد في مدرسة أمينة الغفارية وحديقة الهاشمية ضمن الحدين الساعي واليومي المنصوص عليهما في القاعدة الفنية الأردنية لنوعية الهواء المحيط رقم ٢٠٠٦/١١٤٠. على الرغم من تسجيل تجاوز ساعي واحد أي ما نسبته ٠,٠١% من ساعات الرصد وتجاوز يومي ما نسبته ٠,٣% في موقع الرصد في مدرسة أمينة الغفارية، إلا أنه لم يتجاوز العدد المسموح به للتجازوات اليومية والساعية في القاعدة الفنية رقم ٢٠٠٦/١١٤٠ والبالغ ٣ مرات خلال أي ١٢ شهرا في السنة.
- كانت مستويات غاز ثاني أكسيد النيتروجين في مركز التدريب الكهربائي ضمن الحدود المنصوص عليها في القاعدة الفنية الأردنية لنوعية الهواء المحيط رقم ٢٠٠٦/١١٤٠.
- كانت مستويات غاز أول أكسيد الكربون في موقعي الرصد في مركز التدريب الكهربائي ومدرسة أمينة الغفارية ضمن الحدود المنصوص عليها في القاعدة الفنية الأردنية لنوعية الهواء المحيط رقم ٢٠٠٦/١١٤٠.
- كانت الرياح السائدة في منطقة الهاشمية للفترة المعنية هي الرياح الساكنة بنسبة ٣٧,٦% تلتها الرياح الغربية بنسبة ٢٥,٥%. وتواجدت الرياح الشمالية الغربية والشرقية بنسبة ٢٠,٩% و ٩% على التوالي.

جدول (١): ملخص نتائج الرصد لكل ملوث في جميع مواقع الرصد للفترة (٢٠٢٢/١/١ الى ٢٠٢٢/١٢/٣١)

الملوث	الموقع	أعلى معدل ساعي	تاريخ ووقت تسجيل أعلى معدل ساعي	أعلى معدل يومي	تاريخ تسجيل أعلى معدل يومي	عدد تجاوزات المعدلات الساعية لحد المواصفة ونسبتها من فترة الرصد	عدد تجاوزات المعدلات اليومية لحد المواصفة ونسبتها من فترة الرصد	المعدل السنوي
ثاني أكسيد الكبريت (جزء في البليون)	مركز التدريب الكهربائي	٤٥٩	٢٠٢٢/٦/١١ ٢٢:٠٠	١٤١	٢٠٢٢/٦/٢٠	٨ %٠,١	١ %٠,٣	١٥
	مدرسة أمينة الغفارية	٢٤٨	٢٠٢٢/٣/١١ ٢٠:٠٠	٧٠	٢٠٢٢/٣/١١	صفر %٠	صفر %٠	٩
	حديقة الهاشمية	٣٧	٢٠٢٢/٤/١٨ ١٦:٠٠	١١	٢٠٢٢/٤/١٨	صفر %٠	صفر %٠	٧
ثاني أكسيد النيتروجين (جزء في البليون)	مركز التدريب الكهربائي	١٣٤	٢٠٢٢/١١/١٣ ٦:٠٠	٦٦	٢٠٢٢/١١/١٣	صفر %٠	صفر %٠	٢٠
كبريتيد الهيدرجين (جزء في البليون)	مدرسة أمينة الغفارية	٣٨	٢٠٢٢/١٠/٥ ٢٠:٠٠	١٢	٢٠٢٢/٣/١١	١ %٠,٠١	١ %٠	٤
	حديقة الهاشمية	١٣	٢٠٢٢/٦/١٢ ٧:٠٠	٧	٢٠٢٢/٦/١٢	صفر %٠	صفر %٠,٣	٦
أول أكسيد الكربون (جزء في البليون)	مركز التدريب الكهربائي	٣٠٤٠	٢٠٢٢/٦/١٤ ٥:٠٠	*١٩٦٦	٢٠٢٠/٨/١٤ ٨:٠٠ – ١:٠٠	صفر %٠	صفر %٠	٧٥٢
	مدرسة أمينة الغفارية	٢٧٩٦	٢٠٢٢/١/٣ ٩:٠٠	*٢٦٤٣	٢٠٢٢/١/٢ ٢٤:٠٠ – ١٧:٠٠	صفر %٠	صفر %٠	٥٨٩
ثاني أكسيد الكربون (جزء في المليون)	مركز التدريب الكهربائي	٤٨٠	٢٠٢٢/١١/٢٠ ١٢:٠٠	٤٤٥	٢٠٢٢/١١/١٠	---	---	٤٠٥
	مدرسة أمينة الغفارية	٦٧٧	٢٠٢٢/١/٣ ١٢:٠٠	٤٧٣	٢٠٢٢/١/٣١	---	---	٤٣٤

الحدود القصوى المسموح بها في القاعدة الفنية الأردنية رقم ٢٠٠٦/١١٤٠			
الملوث	الحد الساعي (جزء في البليون)	الحد اليومي (جزء في البليون)	الحد السنوي (جزء في البليون)
ثاني أكسيد الكبريت	٣٠٠	١٤٠	٤٠
ثاني أكسيد النيتروجين	٢١٠	٨٠	٥٠
كبريتيد الهيدرجين	٣٠	١٠	---
أول أكسيد الكربون	٢٦٠٠٠	*٩٠٠٠	---

* معدل لـ ٨-ساعات

جدول (٢):عدد ونسب مؤشر جودة الهواء المحيط (حسب وكالة حماية البيئة (EPA)) في جميع مواقع الرصد خلال عام ٢٠٢٢.

مؤشر جودة الهواء	جيداً	معتدلاً	غير صحي للمجموعات الحساسة	غير صحي	غير صحي للغاية	خطير
مركز التدريب الكهربائي	٢١٣ %٥٨,٤	٨٩ %٢٤,٤	٤٦ %١٢,٦	١٧ %٤,٦	صفر	صفر
مدرسة أمينة الغفارية	٢٧٠ %٧٤	٤٨ %١٣,١	٤٦ %١٢,٦	١ %٠,٣	صفر	صفر
حديقة الهاشمية	٣٥٨ %٩٩,٧	١ %٠,٣	صفر	صفر	صفر	صفر

وقد خلصت الدراسة إلى جملة توصيات منها العمل على توسيع دائرة الرصد بحيث يشمل برنامج المراقبة رصد الجسيمات الدقيقة ($PM_{2.5}$) والكربون الأسود والأوزون.

Summary

Al-Hashemia town located in the north eastern part of Zarqa governorate with a total population of 95560 as estimated in 2022. It is surrounded by many air pollution stationary sources especially crude oil refining activities at the Jordanian Petroleum Refinery (JPRC), electricity generation at Al-Samra Power Station (Al-Samra PS) and Al-Zarqa Power Station, Al-Samra Domestic Wastewater Treatment Plant (Al-Samra WWTP) in addition to steel and metal melting industries. These sources contribute in various levels in polluting the ambient air of Al-Hashemia town. It is worth to mention that the heavy transportation activities especially from the diesel-driven vehicles contribute to the air pollution of the study area.

The overall objective of this monitoring program, which extended for one year (January 2022– December 2022) was to determine and assess the levels of ambient air pollutants at Al-Hashemia town. This study is a continuation of many consecutive yearly studies conducted by the Ministry of Environment (MoEnv) through the Royal Scientific Society (RSS) in Al-Hashemia.

The ambient air quality was monitored in three sites; Electrical Training Center (ETC), Amina Al-Ghafariah School and Al-Hasimyiah Garden. Moreover, wind speed, wind direction, temperature and relative humidity were monitored at ETC to assist in the interpretation of monitoring results, see Table (3) and (4).

The main results of the study are as follows:

- SO_2 levels at Amina Al-Ghafariah School and Al-Hasimyiah Garden were within the daily and hourly limits specified in JS 1140/2006. At the ETC site, 8 hourly exceedances were recorded, which represents 0.1% of the monitoring hours, and one daily exceedance was recorded, which represents 0.3% of the monitoring days. Although it did not exceed the allowable number of daily exceedances (1 per year), but it exceeded the allowable number of hourly exceedances (3 per year) as specified in JS1140/2006.

- The levels of H_2S at Amina Al-Ghafariah School and Al-Hasimyiah Garden were within the daily and hourly limits stated in JS 1140/2006. Although one hourly exceedance was recorded, which represents 0.01% of the monitoring hours and one daily exceedance was recorded, which represents 0.3% of the monitoring days, at Amina Al Ghafari School station, it did not exceed the allowable number of daily and hourly exceedances (3 times a year) stated in JS1140/2006.

- The levels of NO_2 at ETC site were within the limits stated in JS 1140/2006.

- The hourly and 8-hour averages of CO gas were within the limits stated in JS 1140/2006 at ETC and Amina Al-Ghafariah School.

- The prevailing wind direction at Al-Hashemia town was Calm wind with 37.6% followed by West wind with 25.5 %. The percentages of Northwest and East winds were 20.9% and 9.0%, respectively.

Table (3): Summary of monitoring result for all gases at the three monitoring sites during 2022.

Gas	Site name	Max .Hourly average	Date and time when Max. Hourly average was recorded	Max. Daily average	Date when Max. Daily average was recorded	Number and percentage of Hourly exceedances	Number and percentage of Daily exceedances	Annual average
SO_2 (ppb)	ETC	459	11/6/2022 22:00	141	20/6/2022	8 0.1%	1 0.3%	15
	Amina A-Gafariah school	248	11/3/2022 20:00	70	11/3/2022	0 0%	0 0%	9
	Al-Hasimyiah Garden	37	18/4/2022 16:00	11	18/4/2022	0 0%	0 0%	7
NO_2 (ppb)	ETC	134	13/11/2022 6:00	66	13/11/2022	0 0%	0 0%	20
H_2S (ppb)	Amina A-Gafariah school	38	5/10/2022 20:00	12	11/3/2022	1 0.01%	1 0.3%	4
	Al-Hasimyiah garden	13	12/6/2022 7:00	7	12/6/2022	0 0%	0 0%	6
CO (ppb)	ETC	3040	14/6/2022 5:00	1966*	14/8/2022 1:00 – 8:00	0 0%	0 0%	752
	Amina A-Gafariah school	2796	3/1/2022 9:00	2643*	2/1/2022 17:00 – 24:00	0 0%	0 0%	589
CO_2 (ppm)	ETC	480	20/11/2022 12:00	445	10/11/2022	---	---	405
	Amina A-Gafariah school	677	3/1/2022 12:00	473	31/1/2022	---	---	434

Maximum allowable limits as stated in JS 1140/2006			
Gas	Hourly limits (ppb)	Daily limits (ppb)	Yearly limits (ppb)
SO_2	300	140	40
NO_2	210	80	50
H_2S	30	10	---
CO	26000	9000*	---

*8-hour average

Table (4): Number and percentage of ambient air quality index (EPA) categorization at all monitoring sites during 2022

AQI Category	Good	Moderate	Unhealthy for Sensitive Groups	Unhealthy	Very Unhealthy	Hazardous
ETC	213 58.4%	89 24.4%	46 12.6%	17 4.6%	Zero	Zero
Amina Al-Gafariah school	270 74.0%	48 13.1%	46 12.6%	1 0.3%	Zero	Zero
Al-Hasimyiah garden	358 99.7%	1 0.3%	Zero	Zero	Zero	Zero

The study recommends continuing the monitoring program and expanding its scope to monitor $PM_{2.5}$, black carbon and ozone.

١. مقدمـــة

تتعرض بلدة الهاشمية في محافظة الزرقاء لانبعاث ملوثات الهواء الناجمة بشكل رئيس عن النشاطات الصناعية المتواجدة والمحيطة بالمنطقة. حيث تتواجد العديد من المصادر الثابتة التي تساهم بدرجات متفاوتة في تلوث الهواء منها:

- مصفاة البترول الأردنية.
- محطة الزرقاء لتوليد الكهرباء (تم إنشاء هذه المحطة بالقرب من محطة الحسين الحرارية المتوقفة عن العمل منذ بداية عام ٢٠١٦، وتم البدء بتشغيلها على الغاز الطبيعي في النصف الثاني من عام ٢٠١٨).
- محطة السمرا لتنقية المياه العادمة المنزلية.
- محطة السمرا لتوليد الكهرباء.
- مصانع الحديد وصهر المعادن (شركة رام الله لصناعة الحديد والصلب والشركة العربية للحديد والصلب).

الشكل (١-١): مصفاة البترول الأردنية

تنبعث ملوثات الهواء من مصفاة البترول نتيجة لعمليات حرق الوقود وتكرير النفط وتكون على شكل انبعاث غازات ثاني أكسيد الكبريت (SO_2)، أكاسيد النيتروجين (NO_x)، أول أكسيد الكربون (CO)، كبريتيد الهيدروجين (H_2S) إضافةً للغبار (السناج) الناجم عن عمليات الحرق. بينما تنبعث ملوثات الهواء من محطة السمرا لتوليد الكهرباء ومحطة الزرقاء لتوليد الكهرباء نتيجة لحرق الوقود خاصة عند حرق الديزل بدل الغاز الطبيعي وذلك لتوليد الطاقة الكهربائية وتتمثل في ثاني أكسيد الكبريت (SO_2)، أكاسيد النيتروجين (NO_x)، أول أكسيد الكربون (CO)، إضافةً للغبار (السناج). كما تعتبر محطة السمرا لتنقية المياه العادمة المنزلية من المصادر الرئيسة لانبعاث غاز كبريتيد الهيدروجين.

ونظراً للمهام الموكلة لوزارة البيئة حسب قانون حماية البيئة رقم ٢٠١٧/٦ لمراقبة نوعية الهواء في المملكة خاصةً في المناطق المعرضة لتلوث الهواء فقد رأت الوزارة أهمية الاستمرار بمراقبة نوعية الهواء في منطقة الهاشمية حيث تم تجديد الاتفاقية رقم ٢٠٠٧/٩ للفترة (كانون ثاني ٢٠٢٢ – كانون أول ٢٠٢٢) مع مركز المياه والبيئة والتغير المناخي في الجمعية العلمية الملكية للقيام بذلك. ومن الجدير بالذكر بأن قسم دراسات الهواء حاصل على الاعتماد الأردني في (ISO-17025:2017) شهادة رقم (TEST-075) من قبل وحدة الاعتماد الأردني – نظام الاعتماد والتقييس (JAS-AU) لقياسات غازات ثاني أكسيد الكبريت (SO_2) وكبريتيد الهيدروجين (H_2S) وأكاسيد النيتروجين (NO, NO_2 & NOx) وأول أكسيد الكربون (CO) في الهواء المحيط.

١-١ أهداف الدراسة

هدفت هذه الدراسة والتي استمرت لمدة عام كامل (٢٠٢٢/١/١ – ٢٠٢٢/١٢/٣١) إلى:

- ❖ تحديد مستويات الملوثات الغازية في بلدة الهاشمية / محافظة الزرقاء خلال فترة الرصد لسنة ٢٠٢٢ ومقارنتها بالحدود المنصوص عليها في القاعدة الفنية الأردنية لنوعية الهواء المحيط (جدول رقم (١ – ١)).
- ❖ مقارنة نتائج مستويات الملوثات الغازية لسنة ٢٠٢٢ بمستوياتها خلال سنوات الرصد السابقة لتقييم مدى التحسن أو التراجع في كفاءة التحكم بمصادر تلوث الهواء في تلك المنطقة.
- ❖ تقديم النتائج والتوصيات لمتخذي القرار لمساعدتهم على اتخاذ القرارات والإجراءات اللازمة والصائبة التي من شأنها تحسين نوعية الهواء في المنطقة وتوفير حياة أفضل للمواطن الأردني ودعم التنمية المستدامة.

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

الملوثات	زمن المعدل المأخوذ	الحد الأقصى المسموح به	عدد مرات التجاوز المسموحة
ثاني أكسيد الكبريت (SO_2)	ساعة واحدة	٣٠٠ جزء في البليون	٣ مرات خلال أي ١٢ شهر
	٢٤ ساعة	١٤٠ جزء في البليون	مرة واحدة في السنة
	سنوي	٤٠ جزء في البليون	----
كبريتيد الهيدروجين (H_2S)	ساعة واحدة	٣٠ جزء في البليون	٣ مرات خلال أي ١٢ شهر
	٢٤ ساعة	١٠ جزء في البليون	٣ مرات خلال أي ١٢ شهر
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_2)	ساعة واحدة	٢١٠ جزء في البليون	٣مرات خلال أي ١٢ شهر
	٢٤ ساعة	٨٠ جزء في البليون	٣ مرات خلال أي ١٢ شهر
	سنوي	٥٠ جزء في البليون	----

١-٢ ملوثات الهواء المحيط التي رُصدت في الدراسة

١-٢-١ ثاني أُكسيد الكبريت (SO_2)

ثاني أكسيد الكبريت (SO_2) غاز سام عديم اللون له رائحة نفاذة. المصادر الرئيسة لانبعاث هذا الغاز هي محطات توليد الطاقة، ومنشآت صهر الكبريت المعدني، ومعامل تكرير النفط وغيرها من الصناعات والنشاطات التي يحرق فيها الوقود الذي يحتوي على شائب الكبريت. كما ينبعث هذا الغاز من مصادر طبيعية مثل البراكين وتحلُّل 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 يكون المطر الحمضي (حامض الكبريتيك) الذي قد يقتل الحياة الفطرية والأشجار ويتلف المباني والمواد والممتلكات.

١-٢-٢ كبريتيد الهيدروجين (H_2S)

كبريتيد الهيدروجين (H_2S) غاز عديم اللون ذو رائحة كريهة وقوية تشبه رائحة البيض الفاسد ويوجد بشكل طبيعي في البيئة. ينبعث هذا الغاز حيثما تكون النفايات الصلبة أو السائلة التي تحتوي على الكبريت عند تحللها البيولوجي. لذا تعتبر مكاب النفايات، ومخلفات المواشي، ومصارف المياه الآسنة الخاصة بالإنسان والشاحنات التي تنقل النفايات ومحطات الصرف الصحي ومحطات معالجة النفايات من المصادر الرئيسة لانبعاث غاز كبريتيد الهيدروجين للهواء المحيط. وكذلك فإنه من الممكن أن يوجد هذا الغاز في المياه الجوفية خصوصاً في الآبار قرب حقول النفط. كما يتم إنتاج غاز كبريتيد الهيدروجين من الأنشطة الصناعية بما فيها معامل تكرير البترول. تختلف الآثار الصحية الناجمة عن التعرض لهذا الغاز حسب مستوياته في الهواء المستنشق حيث قد يؤدي التعرض لمستويات مرتفعة من هذا الغاز إلى تهيج العين والأنف والرئة.

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

تعرف أكاسيد النيتروجين (NO_x) بالمجموع الكلي لكل من ثاني أكسيد النيتروجين (NO_2) وأول أكسيد النيتروجين (NO). وتتكون هذه الأكاسيد كناتج لجميع عمليات الاحتراق التي يدخل فيها الهواء خاصةً التي تتم في درجات الحرارة العالية نتيجة لأكسدة النيتروجين الجوّي بدرجات الحرارة العالية. ويكون الناتج الأساسي غاز أول أكسيد النيتروجين والذي لا يعتبر ذو تأثير سيئ على صحة الإنسان. غاز ثاني أكسيد النيتروجين هو غاز بني يميل إلى الحمرة. ينطلق جزء من غاز ثاني أكسيد النيتروجين نتيجة الاحتراق بينما تكون معظم تراكيزه في الهواء المحيط نتيجة أكسدة غاز أول أكسيد النيتروجين خلال العمليات المختلفة، مثلاً عن طريق الأوزون حيث أنه من الممكن أن يواصل الأكسدة للحصول على نواتج أشد تأكسداً مثل حامض النيتريك (HNO_3) والذي بالإضافة لحامض الكبريتيك يؤدي إلى ظاهرة المطر الحمضي.

إن التعرض لغاز ثاني أكسيد النيتروجين يؤدي إلى مهاجمة أنسجة الرئتين وطرق التنفس فهو يقلّل من مقاومة الجسم للجراثيم بتراكيز منخفضة مما يؤدي إلى تهيّج الرئتين والعينين. ولدى التعرّض 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 حسّاسة بشكل خاص لهذا الغاز.

١-٢-٤ أكاسيد الكربون (CO_2 & CO)

أول أكسيد الكربون (CO) هو غاز 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 كيماوياً مع الهيموجلوبين. إن التعرض لتراكيز منخفضة من أول أكسيد الكربون يؤدي إلى الدّوار، والغثيان، والصداع، وانخفاض القدرة على التركيز، وتردّي 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، والعجزة والذين يعانون من بعض الأمراض المزمنة مثل التهاب الشُعب الهوائية المزمن أو فقر الدم على جميع أنواعه إلى تراكيز من غاز أول أكسيد الكربون يسبب أخطاراً صحية.

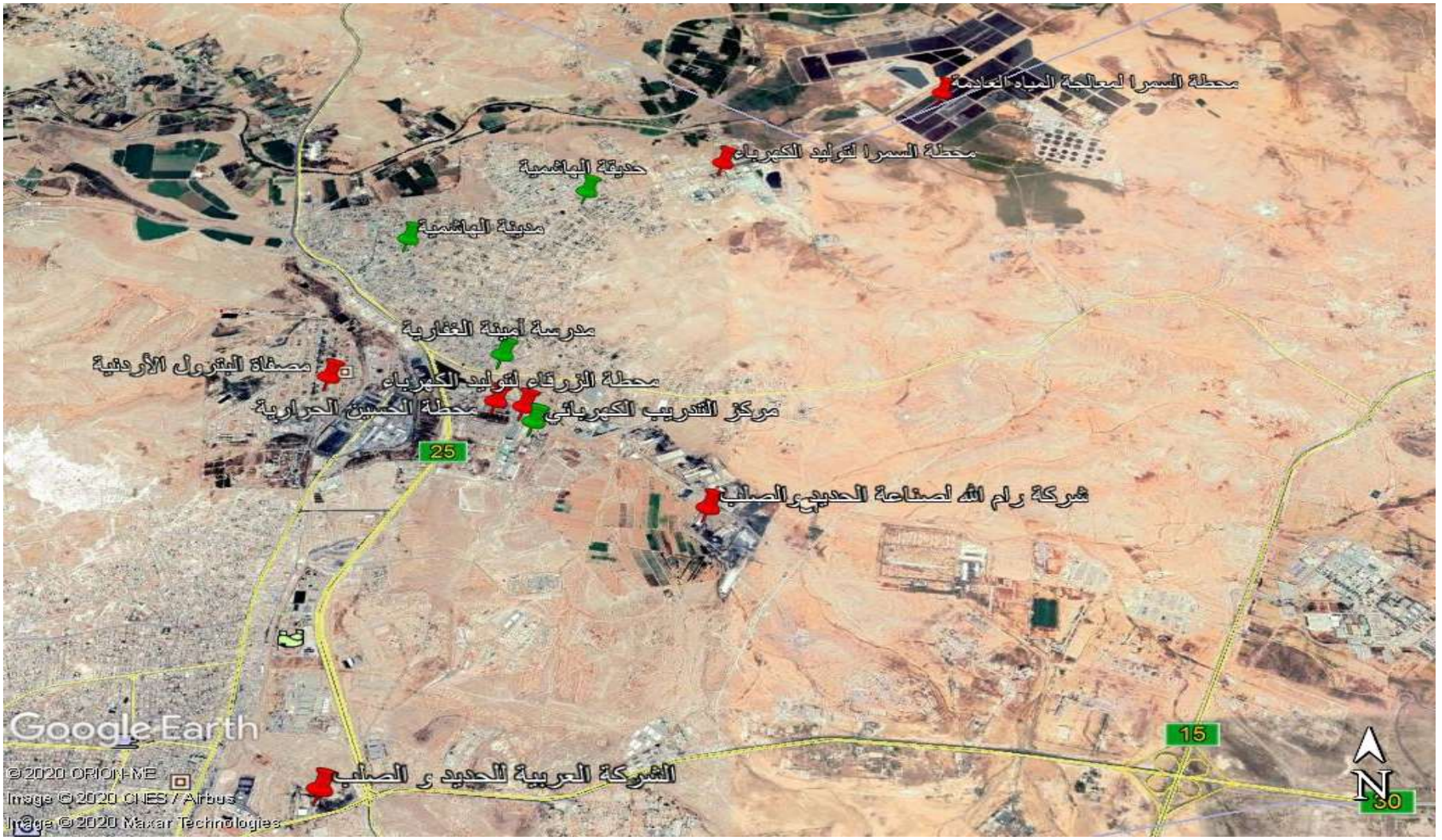
يعتبر غاز ثاني أكسيد الكربون (CO_2) أهم غازات الدفيئة التي تساهم في ظاهرة التغير المناخي والاحترار العالمي، ومن أهم مصادر انبعاث هذا الغاز حرق مختلف أنواع الوقود في محطات توليد الكهرباء والنشاطات الصناعية المختلفة.

١-٣ مواقع الرصد

تم اختيار ثلاثة مواقع رصد في منطقة الهاشمية لرصد مستويات الملوثات الغازية المنبعثة من مصادر تلوث الهواء المختلفة المحيطة بتلك المنطقة. يبين الجدول (١ – ٢) مواقع الرصد بالإضافة إلى بعد واتجاه مصادر التلوث بالنسبة لمواقع الرصد والملوثات التي يتم رصدها في كل موقع. ويوضح الشكل رقم (١-٢) خارطة منطقة الهاشمية ومواقع الرصد ومصادر تلوث الهواء في تلك المنطقة. ومن الجدير بالذكر أنه يتمّ أيضاً رصد سرعة واتجاه الرياح ودرجة الحرارة والرطوبة النسبية بشكل مستمر على مدار الساعة في موقع مركز التدريب الكهربائي. وقد تم اختيار مواقع الرصد بحيث تغطي أهم التجمعات السكانية القريبة من المصادر الرئيسة الثابتة لتلوث الهواء المحيط في منطقة الهاشمية والواقعة تحت تأثير اتجاه الرياح السائدة بالنسبة لمصادر التلوث.

جدول (١ – ٢): مواقع رصد الملوثات الغازية في منطقة الهاشمية/ الزرقاء

مواقع الرصد	الاحداثيات (UTM)	مصادر التلوث	بُعد واتجاه مصادر التلوث بالنسبة لموقع الرصد	الملوثات التي يتمّ رصدها
مركز التدريب الكهربائي	E: 229084.91 N: 3557059.25	– محطة الزرقاء لتوليد الكهرباء – مصفاة البترول – محطة السمرا لتنقية المياه العادمة – محطة السمرا لتوليد الكهرباء – شركة رام الله لصناعة الحديد والصلب – الشركة العربية للحديد والصلب	حوالي ٠,٥ كم شمال غرب. حوالي ٢ كم شمال غرب. حوالي ٥,٥ كم شمال شرق. حوالي ٣ كم شمال شرق. حوالي ١,٨ كم جنوب شرق حوالي ٣,٣ كم جنوب غرب	SO_2,NO_x,CO & CO_2
مدرسة أمينة الغفارية	E: 228774.61 N: 3557721.77	– محطة الزرقاء لتوليد الكهرباء – مصفاة البترول – محطة السمرا لتنقية المياه العادمة – محطة السمرا لتوليد الكهرباء – شركة رام الله لصناعة الحديد والصلب – الشركة العربية للحديد والصلب	حوالي ٠,٥ كم جنوب. حوالي ١,٥ كم غرب – شمال غرب. حوالي ٥كم شمال شرق. حوالي ٢,٧ كم شمال شرق. حوالي ٢,٥ كم جنوب شرق حوالي ٤ كم جنوب غرب	SO_2, H_2S, CO & CO_2
حديقة الهاشمية	E: 229353.49 N: 3559577.16	– محطة الزرقاء لتوليد الكهرباء – مصفاة البترول – محطة السمرا لتنقية المياه العادمة – محطة السمرا لتوليد الكهرباء – شركة رام الله لصناعة الحديد والصلب – الشركة العربية للحديد والصلب	حوالي ٢,٤ كم جنوب. حوالي ٢,٤ كم جنوب غرب. حوالي ٣,٧ كم شرق – شمال شرق. حوالي ١,٣ كم شرق – شمال شرق. حوالي ٣,٩ كم جنوب شرق حوالي ٦ كم جنوب غرب	SO_2 & H_2S



الشكل (١ – ٢): خارطة تبين مواقع الرصد ومصادر التلوث في منطقة الهاشمية

١-٤ أسلوب العمل وأجهزة القياس المستخدمة

يبين الجدول رقم (١ – ٣) الأجهزة المستخدمة في عملية الرصد، ومبدأ عمل كل منها وأهم المواصفات الفنية لكل جهاز. يتمّ رصد تراكيز ملوثات الهواء الغازية باستخدام أجهزة تحليل غازات أوتوماتيكية، حيث تأخذ الأجهزة عينات من الهواء المحيط بشكل متواصل، تحلل هذه العينات وتخزن نتائج التحليل على شكل معدلات ساعيّة لتركيز الغاز في الهواء المحيط. تتم معايرة جميع أجهزة التحليل العاملة على رصد الملوثات الغازية دورياً باستخدام غازات معايرة بتركيز محدد للتأكد من دقة عمل الأجهزة وتعديل استجابتها وصيانتها عند الضرورة.

جدول (١ – ٣): الأجهزة المستخدمة في رصد نوعية الهواء المحيط في منطقة الهاشمية

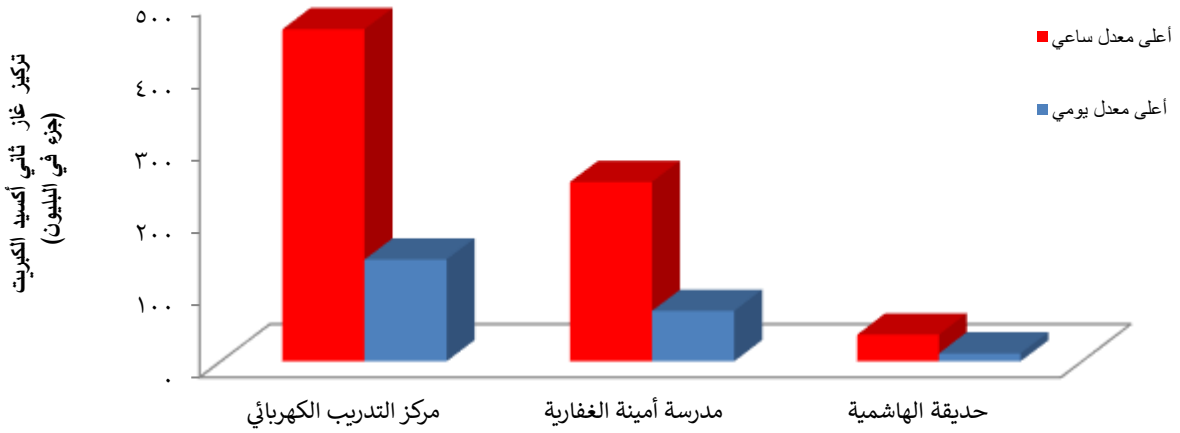
حدود الكشف للجهاز (جزء في البليون)		الموقع	اسم الجهاز ومبدأ عمله	عمل الجهـاز	الموقع
١	٢٠٢٢/١/١- ٢٠٢٢/٨/١٧	مركز التدريب الكهربائي	Sulfur Dioxide Analyzer UV- Fluorescence	رصد غاز ثاني أكسيد الكبريت في الهواء المحيط بشكل متواصل	مركز التدريب الكهربائي ومدرسة أمينة الغفارية وحديقة الهاشمية
٢,٥	٢٠٢٢/٨/٢٣- ٢٠٢٢/١٢/٣١				
٢,٥		مدرسة أمينة الغفارية			
٢		حديقة الهاشمية			
٢,٥		مركز التدريب الكهربائي	Nitrogen Oxides (NO, NO_2 & NOx) Analyzer Chemiluminescence	رصد غازات أكاسيد النيتروجين (NO, NO_2 & NO_x) في الهواء المحيط بشكل متواصل	مركز التدريب الكهربائي
٢,٥		مدرسة أمينة الغفارية	Hydrogen Sulfide Analyzer UV-Fluorescence	رصد غاز كبريتيد الهيدروجين في الهواء المحيط بشكل متواصل	حديقة الهاشمية ومدرسة أمينة الغفارية
٢		حديقة الهاشمية			
٥٠		مركز التدريب الكهربائي	Carbon Oxides (CO & CO_2) Analyzer Infrared	رصد غاز أول أكسيد الكربون (CO) وثاني أكسيد الكربون (CO_2) في الهواء المحيط بشكل متواصل	مركز التدريب الكهربائي ومدرسة أمينة الغفارية
٥٠		مدرسة أمينة الغفارية			
			Weather conditions (temperature, relative humidity, wind speed and direction)	تسجيل الظروف الجوية (درجة الحرارة والرطوبة النسبية وسرعة واتجاه الرياح) في الهواء المحيط الكترونياً وبشكل متواصل	مركز التدريب الكهربائي

٢. نتائج الدراسة

٢-١ ثاني أكسيد الكبريت (SO_2)

إن المصدر الرئيس لانبعاث غاز ثاني أكسيد الكبريت في منطقة الهاشمية هو مصفاة البترول نتيجة لحرق وتكرير الوقود الثقيل الذي يحتوي على نسبة عالية من الكبريت وباحتمالية أقل محطة الزرقاء ومحطة السمرا لتوليد الكهرباء عند حرق الديزل بدلاً من الغاز الطبيعي بالإضافة إلى حرق الديزل في مصانع الحديد وصهر المعادن والمركبات.

تم رصد غاز ثاني أكسيد الكبريت في مواقع الرصد الثلاثة وقد أظهرت نتائج الرصد لفترة الدراسة (خلال عام ٢٠٢٢) والمبينة في الشكل رقم (٢-١) أدناه أنه لم يتم تسجل تجاوزات للمعدلات الساعية واليومية في موقعي الرصد في مدرسة أمينة الغفارية وحديقة الهاشمية للحدين المنصوص عليهما في القاعدة الفنية الأردنية لنوعية الهواء المحيط رقم ٢٠٠٦/١١٤٠ والبالغة ٣٠٠ جزء في البليون للمعدل الساعي و١٤٠ جزء في البليون للمعدل اليومي في حين سُجل ٨ تجاوزات للحد الساعي وتجاوز يومي واحد في موقع مركز التدريب الكهربائي.



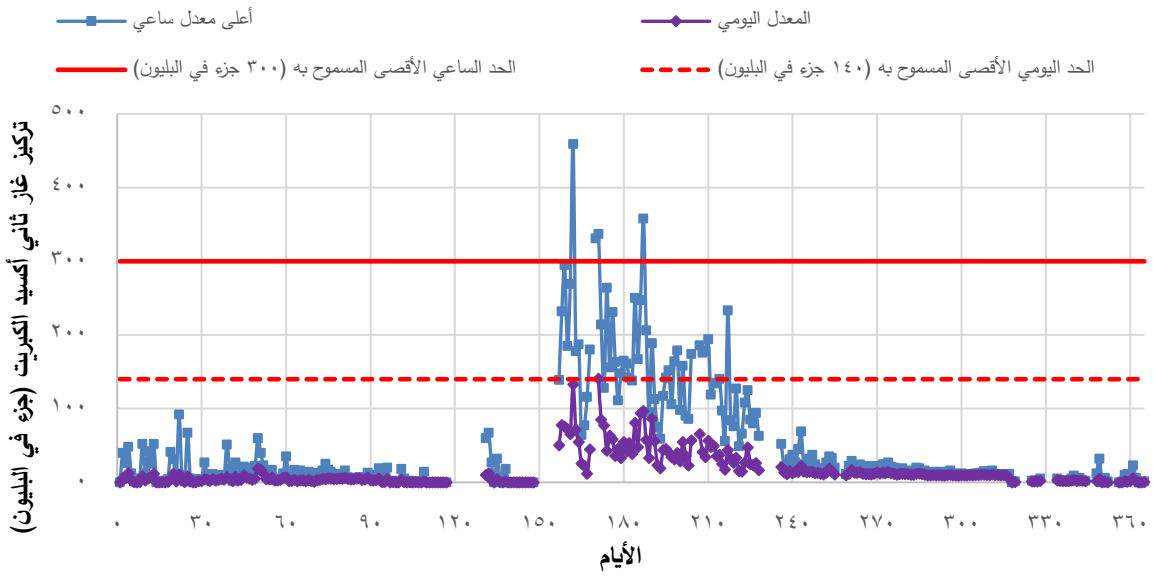
الشكل (٢-١): مقارنة بين أعلى المعدلات الساعية واليومية لغاز ثاني أكسيد الكبريت المسجلة في جميع مواقع الرصد خلال عام ٢٠٢٢

٢-١-١ مركز التدريب الكهربائي

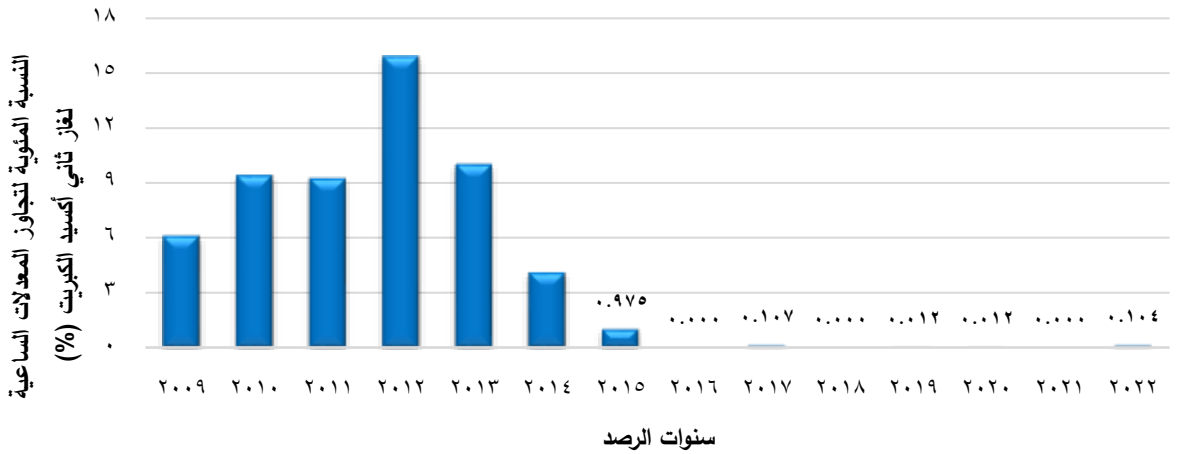
وصل أعلى معدل ساعي لغاز ثاني أكسيد الكبريت في هذا الموقع إلى ٤٥٩ جزء في البليون والذي سجل بتاريخ ٢٠٢٢/٦/١١ (الساعة العاشرة مساءً) ووصل عدد التجاوزات لحد المعدل الساعي المنصوص عليه في المواصفة ٨ تجاوزات وبنسبة ٠,١%. في حين بلغ أعلى معدل يومي ١٤١ جزء في البليون والذي سجل بتاريخ ٢٠٢٢/٦/٢٠ وبعدد تجاوزات بلغ تجاوز واحد أي ما نسبته ٠,٣%، (الأشكال رقم ((٢-٢) و (٢-٣) و (٢-٤)).

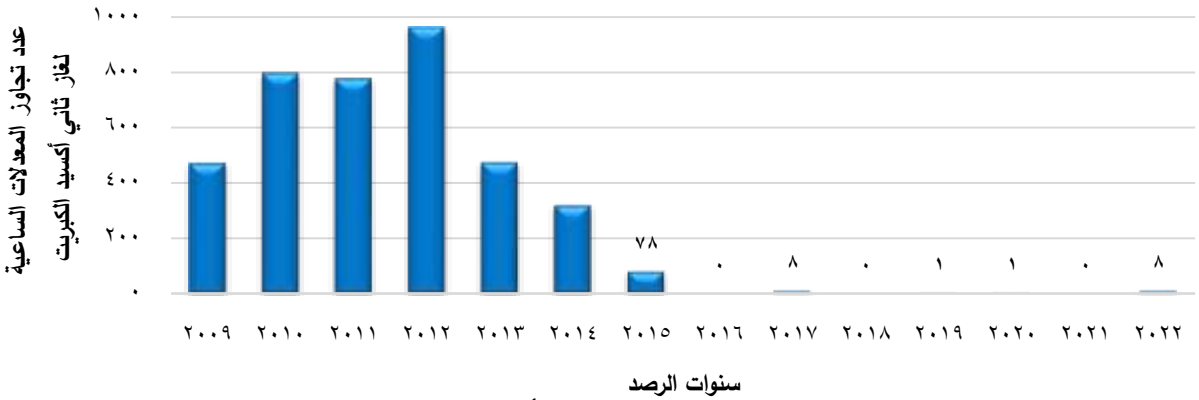
سُجلت أعلى تراكيز لغاز ثاني أكسيد الكبريت خلال شهر حزيران ٢٠٢٢. وبلغ المعدل الشهري خلال هذا الشهر ٦٣ جزء في البليون (الشكل (٢-٥)).

وبلغ المعدل السنوي لغاز ثاني أكسيد الكبريت خلال فترة الرصد (٢٠٢٢/١/١ – ٢٠٢٢/١٢/٣١) ١٥ جزء في البليون وكان ضمن الحد السنوي المنصوص عليه في القاعدة الفنية رقم ٢٠٠٦/١١٤٠ والبالغ ٤٠ جزء في البليون، (الشكل رقم (٢-٦)).

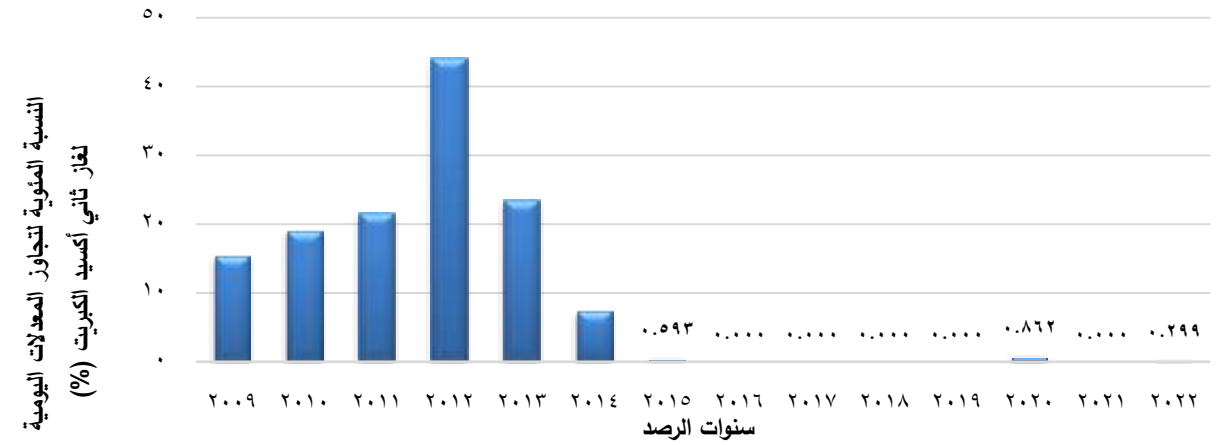


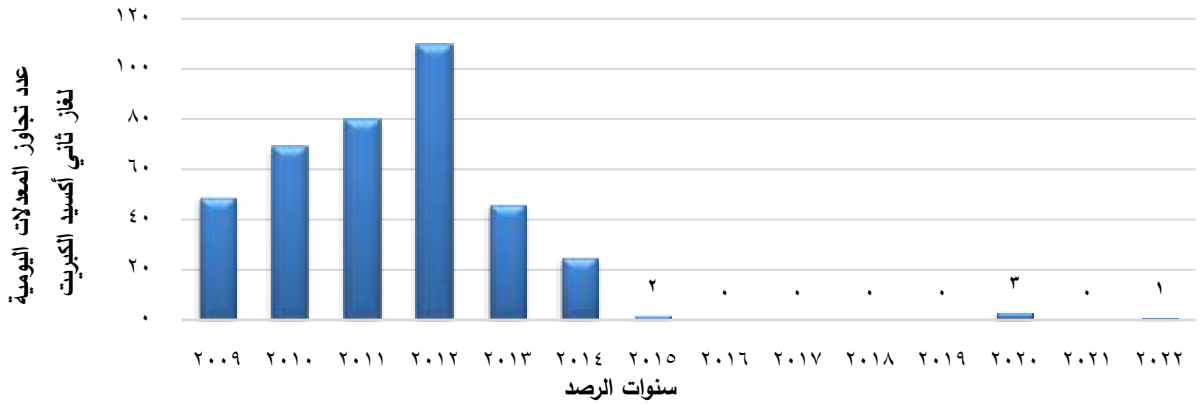
الشكل (٢-٢): المعدلات اليوميّة والمعدلات الساعيّة القصوى المسجلة يومياً لتركيز غاز ثاني أكسيد الكبريت في موقع مركز التدريب الكهربائي، خلال عام ٢٠٢٢.



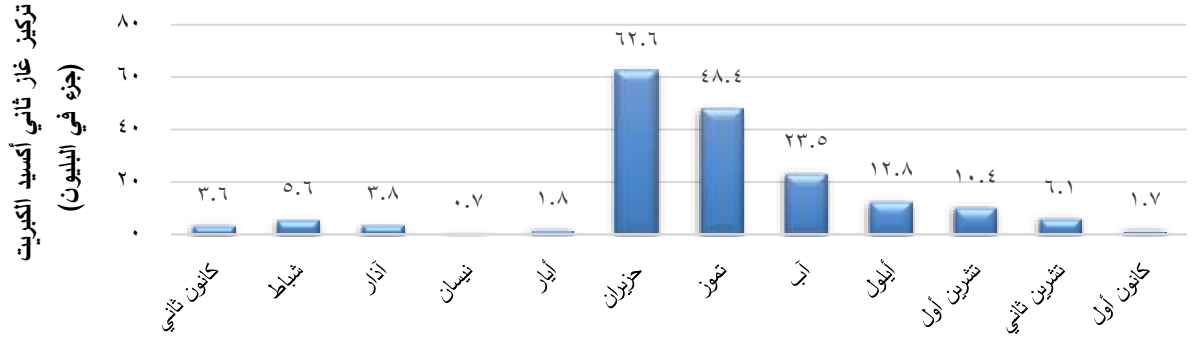


الشكل (٢-٣): نسب وعدد تجاوزات المعدلات الساعية لتركيز غاز ثاني أكسيد الكبريت للحد المنصوص عليه في القاعدة الفنية الأردنية لنوعية الهواء المحيط في موقع مركز التدريب الكهربائي، (٢٠٠٩- ٢٠٢٢).



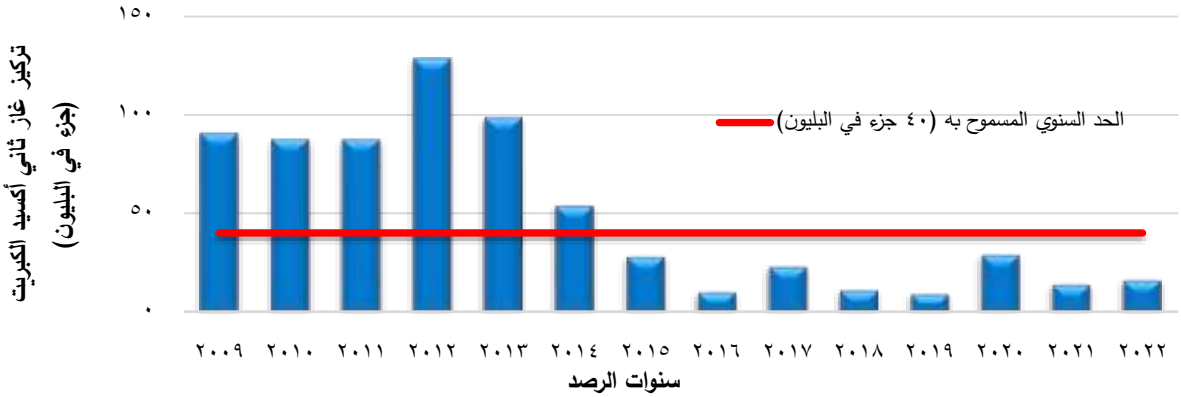


الشكل (٢-٤): نسب وعدد تجاوزات المعدلات اليومية لتركيز غاز ثاني أكسيد الكبريت للحد المنصوص عليه في القاعدة الفنية الأردنية لنوعية الهواء المحيط في موقع مركز التدريب الكهربائي، (٢٠٠٩- ٢٠٢٢).



الشكل (٢-٥): المعدلات الشهرية لتركيز غاز ثاني أكسيد الكبريت في موقع مركز التدريب الكهربائي، خلال عام ٢٠٢٢.

انقطع الرصد لأكثر من ٢٥% خلال شهري آيار و تشرين ثاني ٢٠٢٢ بسبب مشكلة فنية في الجهاز ومع ذلك تم احتساب المعدل الشهري لهما لبيان نمط التغير بالمقارنة مع الأشهر الأخرى.



الشكل (٢-٦): المعدلات السنوية لتركيز غاز ثاني أكسيد الكبريت في موقع مركز التدريب الكهربائي، (٢٠٠٩- ٢٠٢٢).

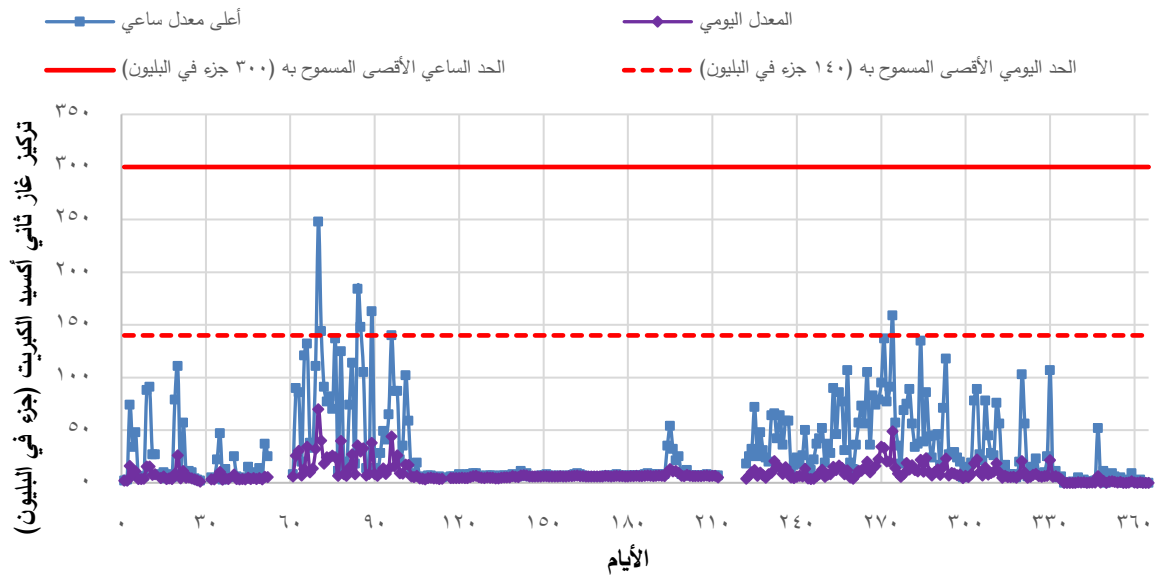
٢-١-٢ مدرسة أمينة الغفارية[١]

وصل أعلى معدل ساعي لغاز ثاني أكسيد الكبريت في هذا الموقع إلى ٢٤٨ جزء في البليون والذي سجل بتاريخ ٢٠٢٢/٣/١١ (الساعة الثامنة مساءً)، في حين بلغ أعلى معدل يومي ٧٠ جزء في البليون والذي سجل بتاريخ ٢٠٢٢/٣/١١، وكانت مستويات هذا الغاز ضمن الحدين الساعي واليومي المنصوص عليهما في القاعدة الفنية الأردنية رقم ٢٠٠٦/١١٤٠ والبالغان ٣٠٠ جزء في البليون للحد الساعي و١٤٠ جزء في البليون للحد اليومي، (الأشكال رقم ((٢-٧) و(٢-٨) و(٢-٩)).

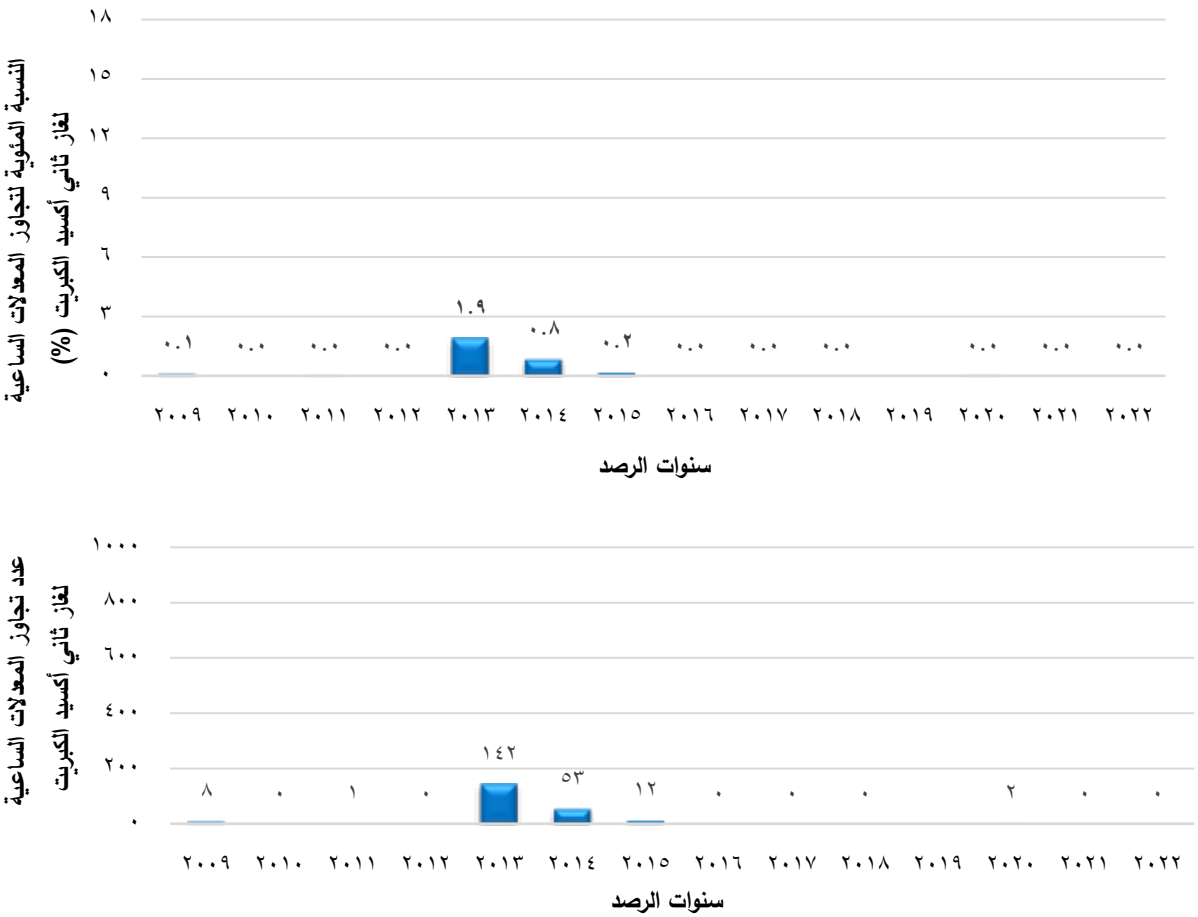
سجلت أعلى تراكيز لغاز ثاني أكسيد الكبريت في مدرسة أمينة الغفارية خلال شهر أذار ٢٠٢٢، فقد بلغ المعدل الشهري خلال هذا الشهر ٢٢ جزء في البليون (الشكل رقم (٢-١٠)).

وبلغ المعدل السنوي لتركيز غاز ثاني أكسيد الكبريت خلال فترة الرصد (٢٠٢٢/١/١ – ٢٠٢٢/١٢/٣١) ٩ جزء في البليون ولم يتجاوز هذا المعدل الحد السنوي المنصوص عليه في القاعدة الفنية رقم ٢٠٠٦/١١٤٠ والبالغ ٤٠ جزء في البليون (الشكل رقم (٢-١١)).

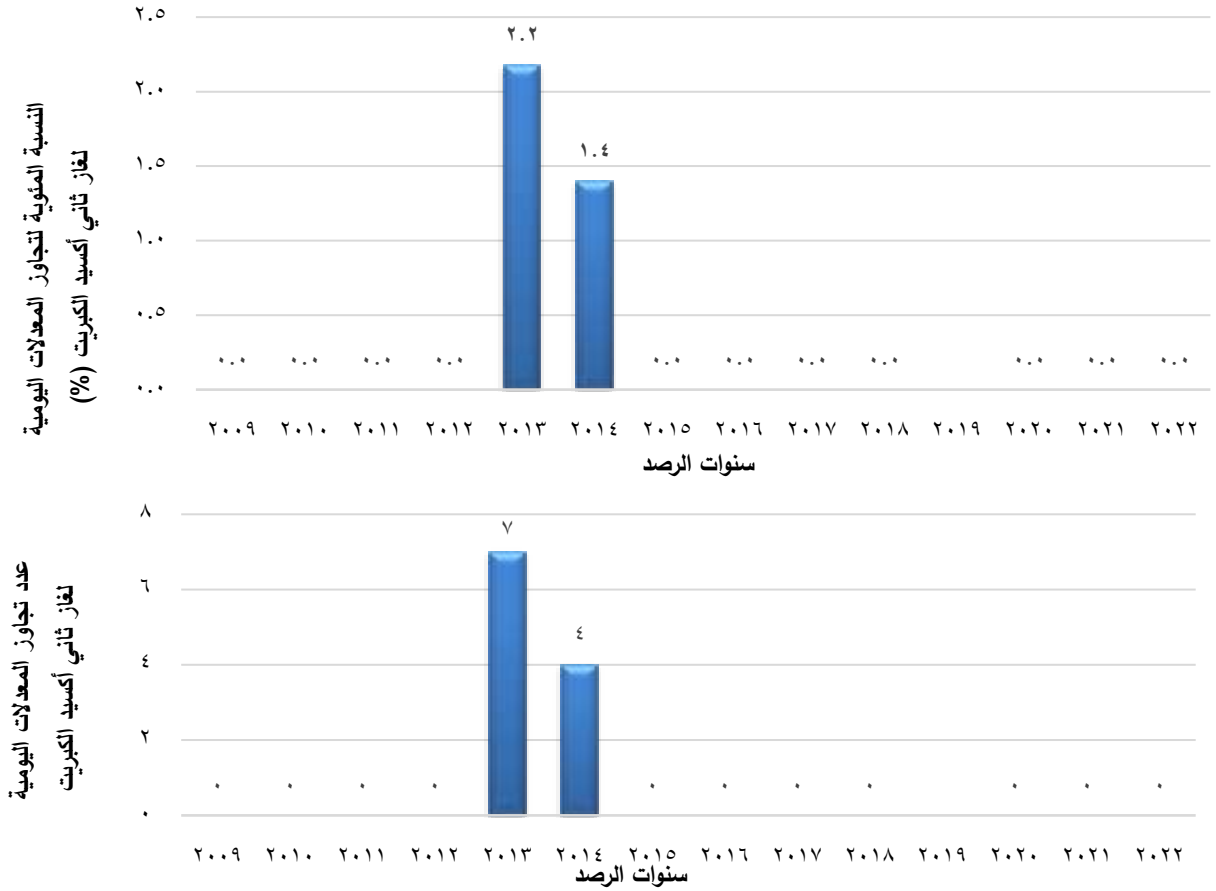
[١] تم الرصد في مدرسة ابن الأنباري الملاصقة لمدرسة أمينة الغفارية للفترة ما بين (٢٠٠٩ - ٢٠١٤)، لم يتم رصد غاز ثاني أكسيد الكبريت في موقع مدرسة أمينة الغفارية خلال عام ٢٠١٩ بسبب إعادة تأهيل موقع الرصد.



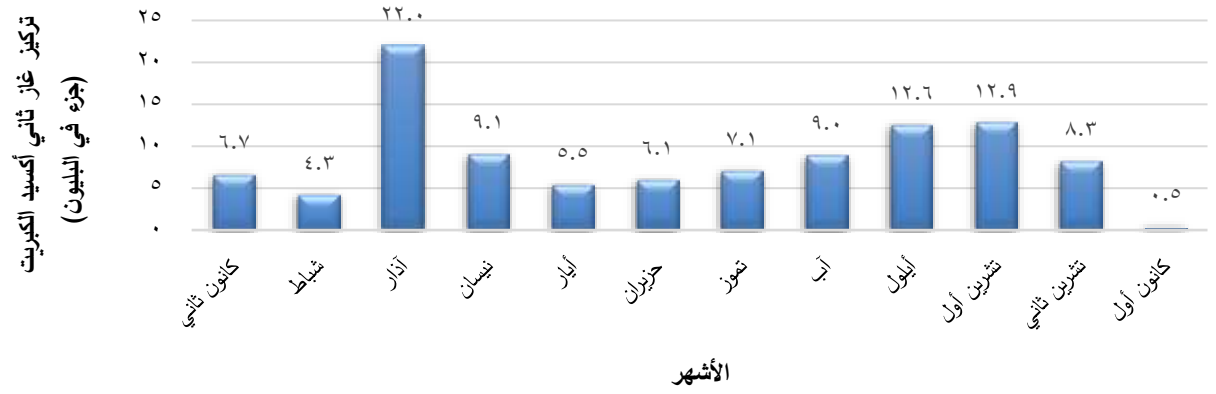
الشكل (٢-٧): المعدلات اليوميّة والمعدلات الساعيّة القصوى المسجلة يومياً لتركيز غاز ثاني أكسيد الكبريت في موقع مدرسة أمينة الغفارية، خلال عام ٢٠٢٢.



الشكل (٢-٨): نسب وعدد تجاوزات المعدلات الساعية لتركيز غاز ثاني أكسيد الكبريت للحد المنصوص عليه في القاعدة الفنية الأردنية لنوعية الهواء المحيط في موقع مدرسة أمينة الغفارية/مدرسة ابن الانباري، (٢٠٠٩- ٢٠٢٢).

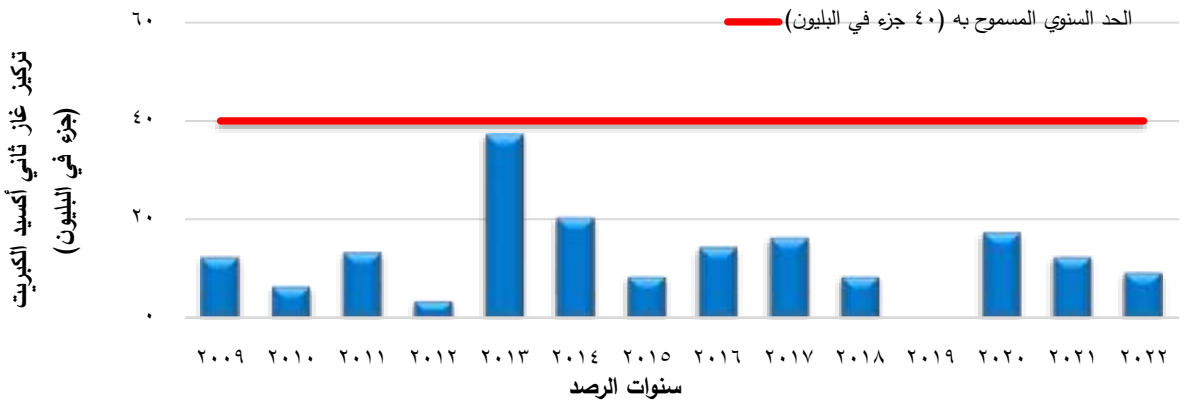


الشكل (٢-٩): نسب وعدد تجاوزات المعدلات اليومية لتركيز غاز ثاني أكسيد الكبريت للحد المنصوص عليه في القاعدة الفنية الأردنية لنوعية الهواء المحيط في موقع مدرسة أمينة الغفارية/مدرسة ابن الانباري، (٢٠٠٩- ٢٠٢٢).



الشكل (٢-١٠): المعدلات الشهرية لتركيز غاز ثاني أكسيد الكبريت في موقع مدرسة أمينة الغفارية، خلال عام ٢٠٢٢.

انقطع الرصد لأكثر من ٢٥% خلال شهري شباط و آب ٢٠٢٢ بسبب مشكلة فنية في الجهاز ومع ذلك تم احتساب المعدل الشهري لهما لبيان نمط التغير بالمقارنة مع الأشهر الأخرى.



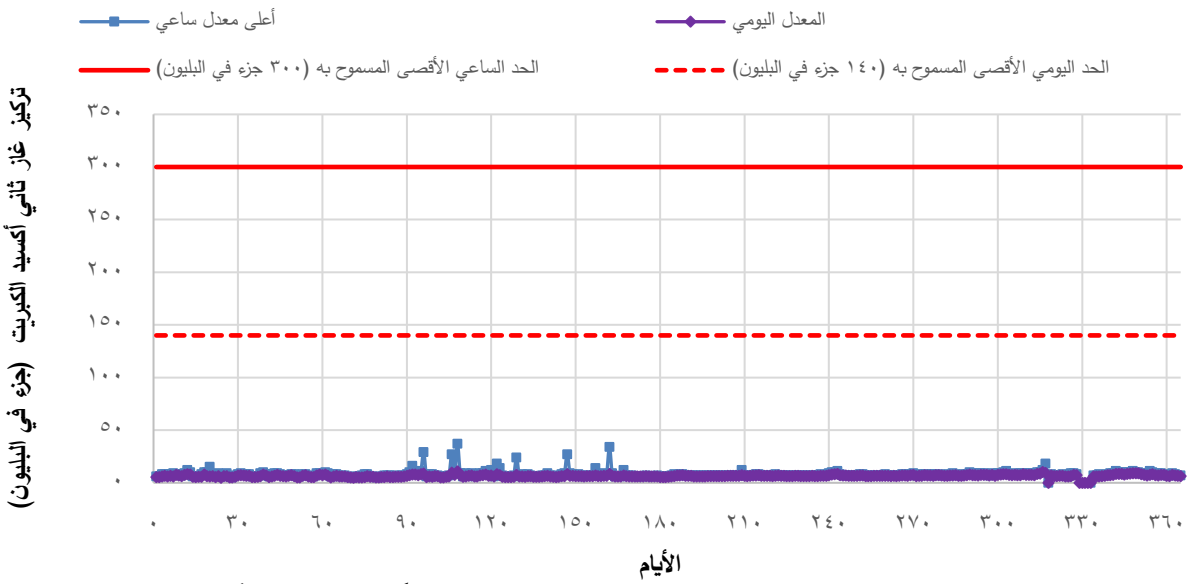
الشكل (٢-١١): المعدلات السنوية لتركيز غاز ثاني أكسيد الكبريت في موقع مدرسة أمينة الغفارية/مدرسة ابن الانباري، (٢٠٠٩- ٢٠٢٢).

٢-١-٣ حديقة الهاشمية[٢]

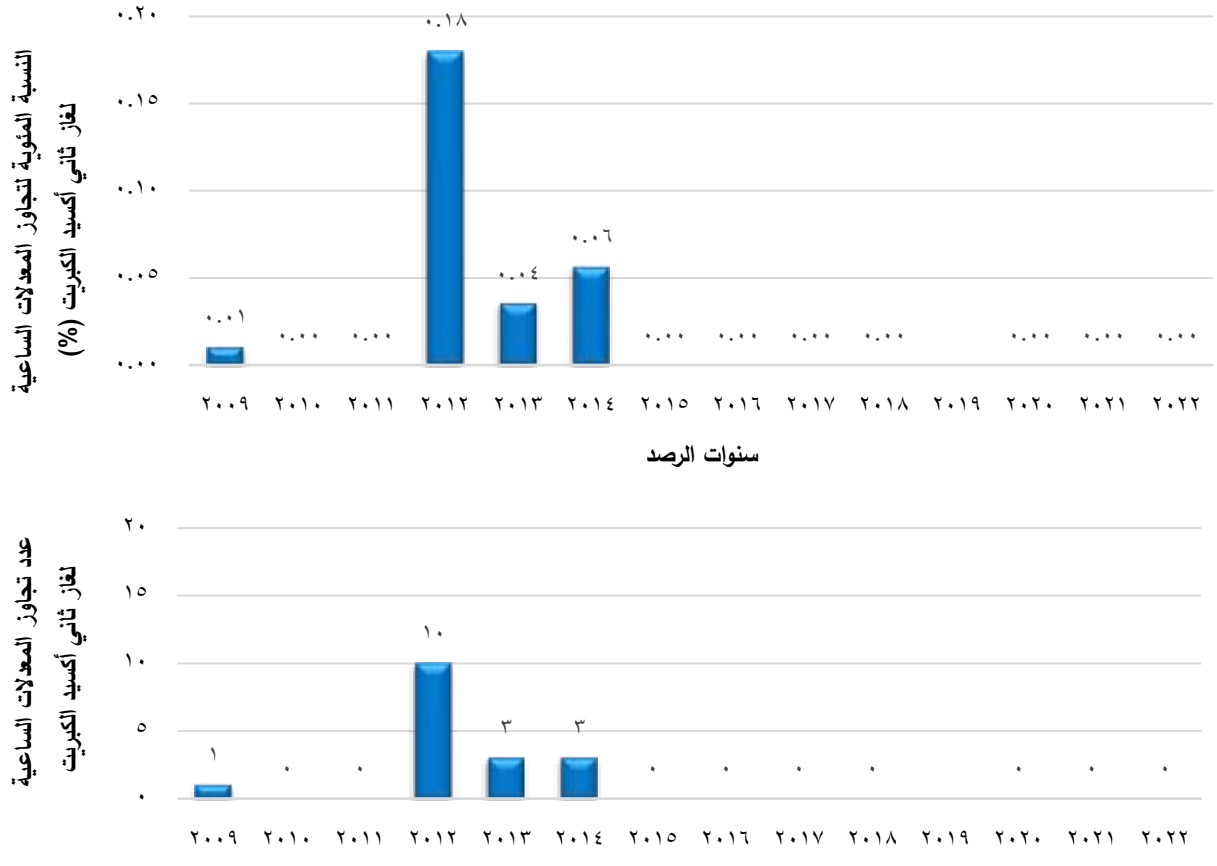
كانت تراكيز غاز ثاني أكسيد الكبريت في حديقة الهاشمية منخفضة مقارنةً مع مواقع الرصد الأخرى وكانت ضمن الحدين الساعي واليومي المنصوص عليهما في القاعدة الفنية الأردنية رقم ٢٠٠٦/١١٤٠ والبالغان ٣٠٠ جزء في البليون للحد الساعي و١٤٠ جزء في البليون للحد اليومي، فقد بلغ أعلى معدل ساعي ٣٧ جزء في البليون والذي سجل بتاريخ ٢٠٢٢/٤/١٨ (الساعة الرابعة مساءً)، في حين بلغ أعلى معدل يومي ١١ جزء في البليون والذي سجل بتاريخ ٢٠٢٢/٤/١٨ (الأشكال رقم ((٢-١٢) و (٢-١٣) و (٢-١٤)).

يلاحظ من الشكل رقم (٢-١٥) بأن المعدلات الشهرية كانت منخفضة ومتقاربة خلال جميع الأشهر وبلغ أعلى معدل شهري ٧,٤ جزء في البليون والذي سُجل خلال شهر كانون أول ٢٠٢٢. بلغ المعدل السنوي خلال فترة الرصد (٢٠٢٢/١/١ – ٢٠٢٢/١٢/٣١) ٧ جزء في البليون ولم يتجاوز هذا المعدل الحد السنوي المنصوص عليه في القاعدة الفنية رقم ٢٠٠٦/١١٤٠ والبالغ ٤٠ جزء في البليون (الشكل رقم ((٢-١٦)).

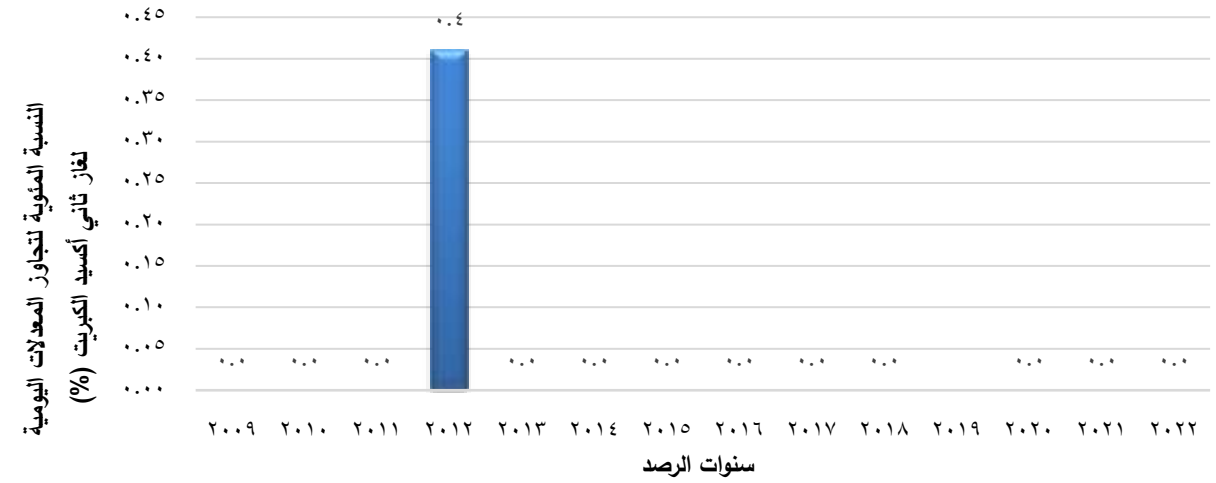
[٢] تم الرصد في مدرسة أم شريك القريبة من حديقة الهاشمية للفترة ما بين (٢٠٠٩ – ٢٠١٨) ولم يتم رصد غاز ثاني أكسيد الكبريت خلال عام ٢٠١٩ بسبب إعادة تأهيل موقع الرصد.

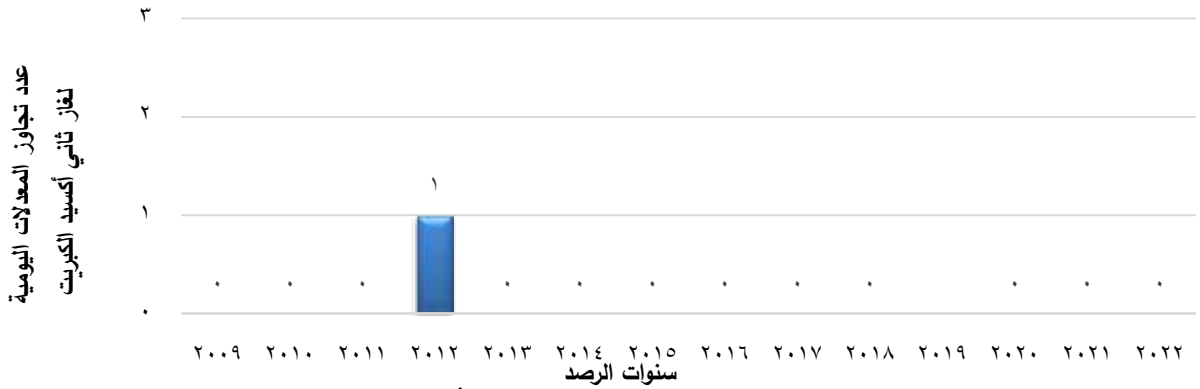


الشكل (٢-١٢): المعدلات اليوميّة والمعدلات الساعيّة القصوى المسجلة يومياً لتركيز غاز ثاني أكسيد الكبريت في موقع حديقة الهاشمية، خلال عام ٢٠٢٢.

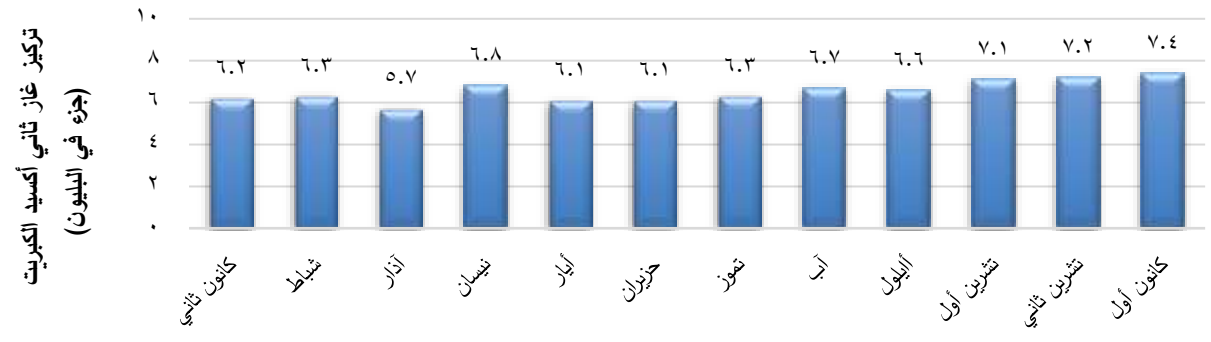


الشكل (٢-١٣): نسب وعدد تجاوزات المعدلات الساعية لتركيز غاز ثاني أكسيد الكبريت للحد المنصوص عليه في القاعدة الفنية الأردنية لنوعية الهواء المحيط في موقع حديقة الهاشمية/مدرسة أم شريك، (٢٠٠٩-٢٠٢٢).

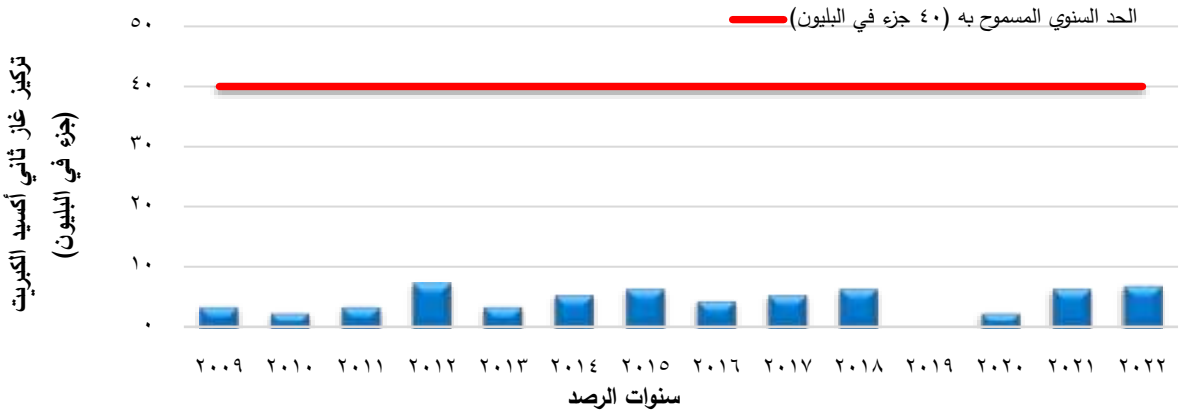




الشكل (٢-١٤): نسب وعدد تجاوزات المعدلات اليومية لتركيز غاز ثاني أكسيد الكبريت للحد المنصوص عليه في القاعدة الفنية الأردنية لنوعية الهواء المحيط في موقع حديقة الهاشمية/مدرسة أم شريك، (٢٠٠٩-٢٠٢٢).



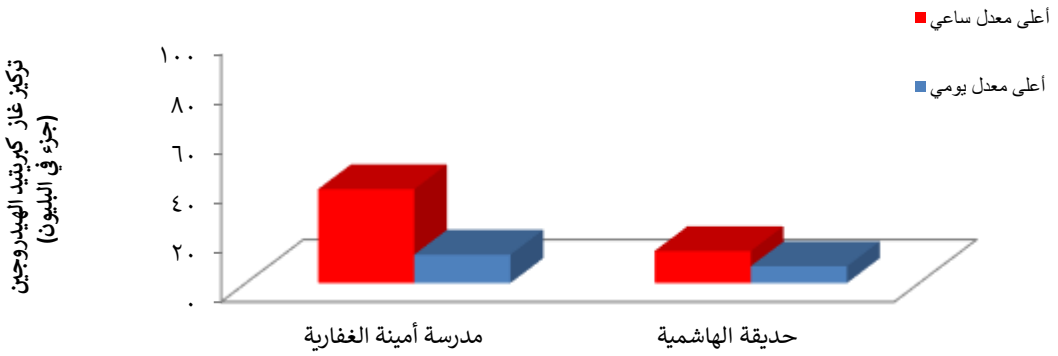
الشكل (٢-١٥): المعدلات الشهرية لتركيز غاز ثاني أكسيد الكبريت في موقع حديقة الهاشمية، خلال عام ٢٠٢٢.



الشكل (٢-١٦): المعدلات السنوية لتركيز غاز ثاني أكسيد الكبريت في موقع موقع حديقة الهاشمية/مدرسة أم شريك، (٢٠٠٩- ٢٠٢٢).

٢-٢ كبريتيد الهيدروجين (H_2S)

تم رصد غاز كبريتيد الهيدروجين في موقعي الرصد في مدرسة أمينة الغفارية وحديقة الهاشمية خلال عام ٢٠٢٢. فكما هو مبين في الشكل (٢-١٧) أدناه أن أعلى المعدلات الساعية واليومية سُجلت في موقع الرصد في مدرسة أمينة الغفارية وسُجل تجاوز واحد للحد الساعي وتجاوز واحد للحد اليومي المنصوص عليهما في القاعدة الفنية الأردنية رقم ٢٠٠٦/١١٤٠ في هذا الموقع.

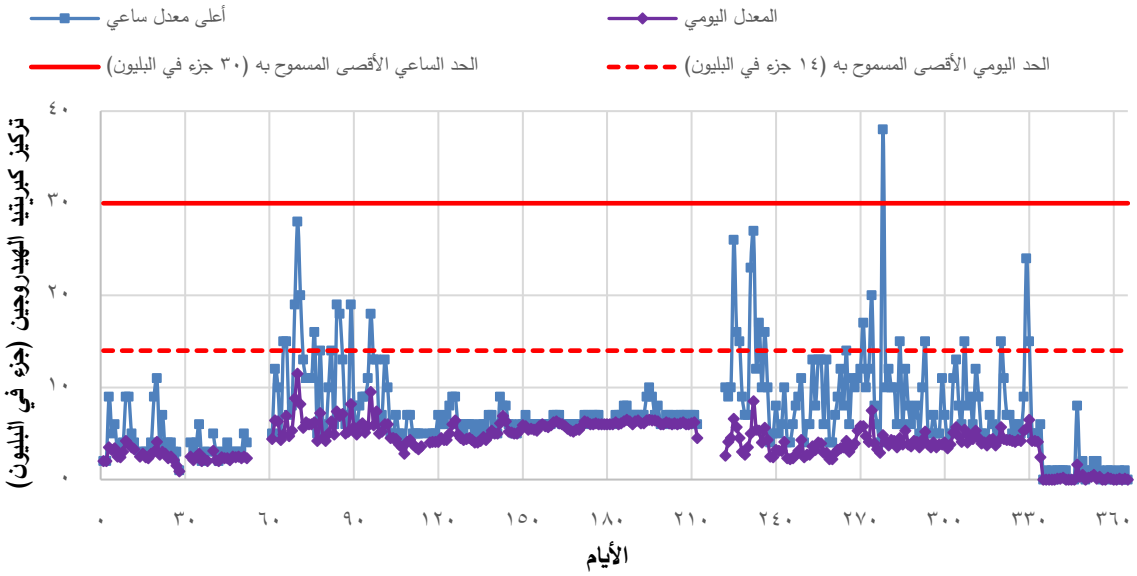


الشكل (٢-١٧): مقارنة بين أعلى المعدلات الساعية واليومية لغاز كبريتيد الهيدروجين المسجلة في موقعي الرصد خلال عام ٢٠٢٢.

٢-٢-١ مدرسة أمينة الغفارية[٣]

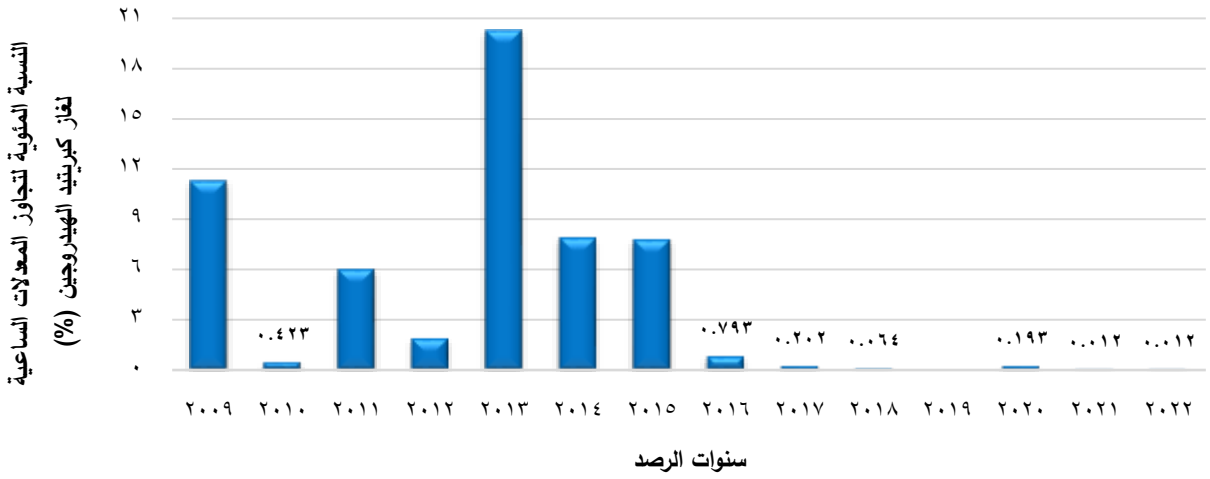
وصل أعلى معدل ساعي إلى ٣٨ جزء في البليون والذي سجل بتاريخ ٢٠٢٢/١٠/٥ (الساعة الثامنة مساءً)، ووصل عدد التجاوزات لحد المعدل الساعي المنصوص عليه في القاعدة الفنية إلى تجاوز ساعي واحد وبنسبة ٠,٠١%. فيما بلغ أعلى معدل يومي ١٢ جزء في البليون والذي سجل بتاريخ ٢٠٢٢/٣/١١ وبعدد تجاوزات بلغ تجاوز واحد أي ما نسبته ٠,٣%، (الأشكال رقم ((٢-١٨) و(٢-١٩) و(٢-٢٠)).

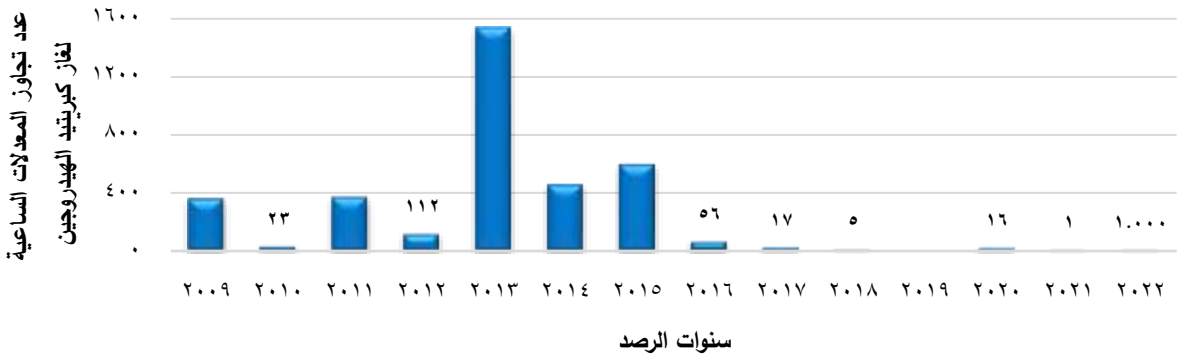
كانت المعدلات الشهرية لغاز كبريتيد الهيدروجين متقاربة نسبياً خلال جميع الأشهر وسُجل أعلى معدل شهري خلال شهري أذار وتموز ٢٠٢٢ حيث بلغ ٦ جزء في البليون (الشكل رقم (٢-٢١)). وبلغ المعدل السنوي لغاز كبريتيد الهيدروجين خلال فترة الرصد (٢٠٢٢/١/١ – ٢٠٢٢/١٢/٣١) ٤ جزء في البليون كما هو مبين في الشكل رقم (٢-٢٢).



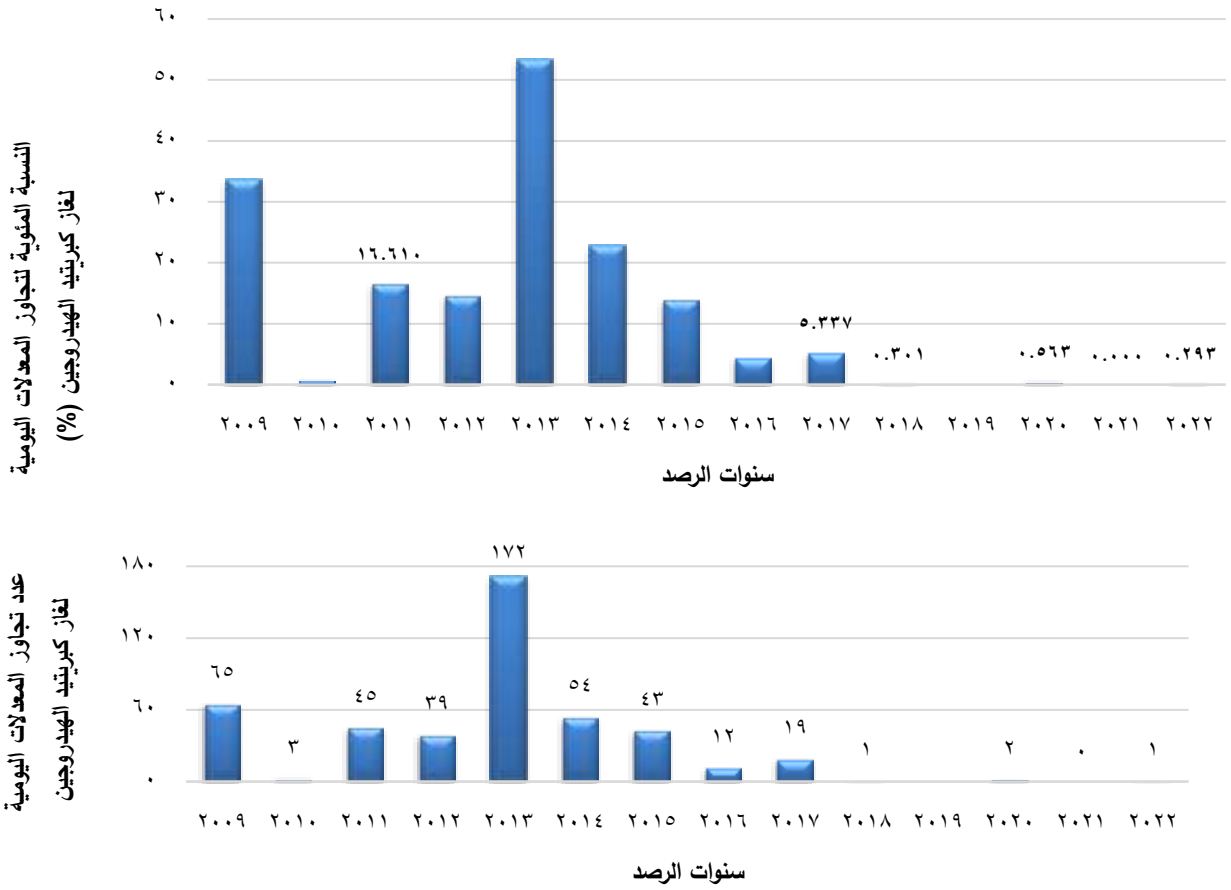
الشكل (٢-١٨): المعدلات اليوميّة والمعدلات الساعيّة القصوى المسجلة يومياً لتركيز غاز كبريتيد الهيدروجين في موقع مدرسة أمينة الغفارية، خلال عام ٢٠٢٢.

[٣] تم الرصد في مدرسة ابن الأنباري الملاصقة لمدرسة أمينة الغفارية للفترة ما بين (٢٠٠٩ – ٢٠١٤)، لم يتم رصد غاز كبريتيد الهيدروجين في موقع مدرسة أمينة الغفارية خلال عام ٢٠١٩ بسبب إعادة تأهيل موقع الرصد.

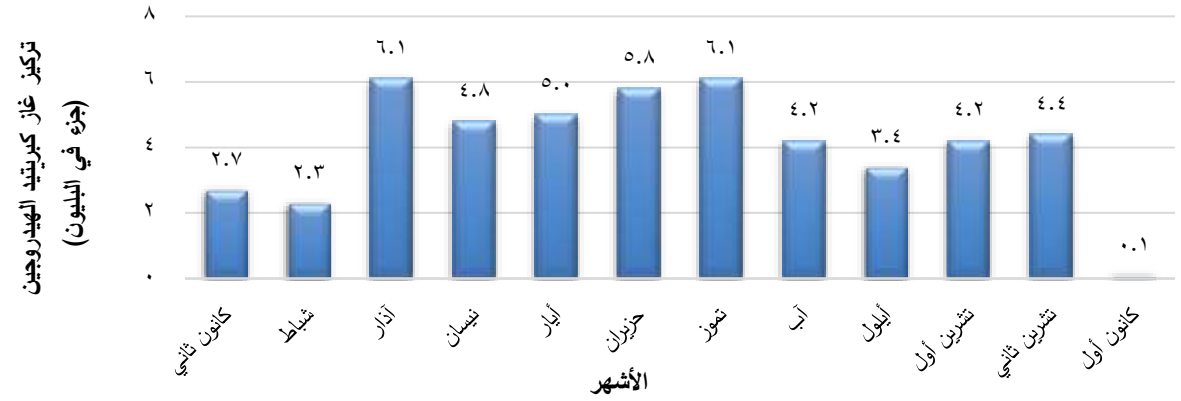




الشكل (٢-١٩): نسب وعدد تجاوزات المعدلات الساعية لتركيز غاز كبريتيد الهيدروجين للحد المنصوص عليه في القاعدة الفنية الأردنية لنوعية الهواء المحيط في موقع مدرسة أمينة الغفارية/مدرسة ابن الانباري، (٢٠٠٩- ٢٠٢٢).



الشكل (٢-٢٠): نسب وعدد تجاوزات المعدلات اليومية لتركيز غاز كبريتيد الهيدروجين للحد المنصوص عليه في القاعدة الفنية الأردنية لنوعية الهواء المحيط في موقع مدرسة أمينة الغفارية/مدرسة ابن الانباري، (٢٠٠٩- ٢٠٢٢).



الشكل (٢-٢١): المعدلات الشهرية لتركيز غاز كبريتيد الهيدروجين في مدرسة أمينة الغفارية، خلال عام ٢٠٢٢.

انقطع الرصد لأكثر من ٢٥% خلال شهري شباط و أب ٢٠٢٢ بسبب مشكلة فنية في الجهاز ومع ذلك تم احتساب المعدل الشهري لهما لبيان نمط التغير بالمقارنة مع الأشهر الأخرى.

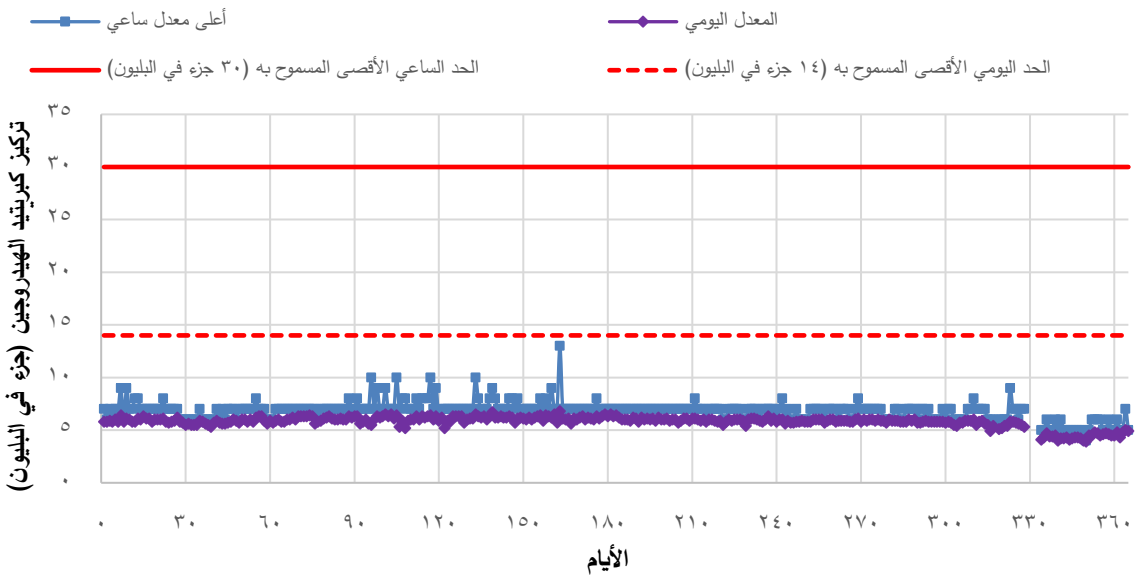
الشكل (٢-٢٢): المعدلات السنوية لتركيز غاز كبريتيد الهيدروجين في موقع مدرسة أمينة الغفارية/مدرسة ابن الانباري، (٢٠٠٩- ٢٠٢٢).

٢-٢-٢ حديقة الهاشمية[٤]

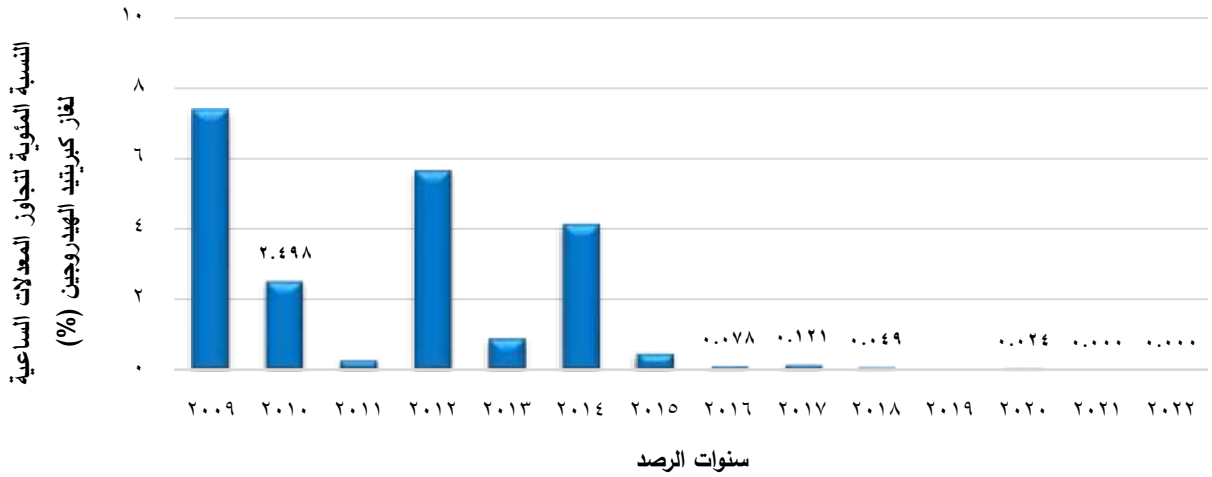
وصل أعلى معدل ساعي إلى ١٣ جزء في البليون والذي سجل بتاريخ ٢٠٢٢/٦/١٢ (الساعة السابعة صباحاً). في حين بلغ أعلى معدل يومي ٧ جزء في البليون والذي سجل بتاريخ ٢٠٢٢/٦/١٢ ولم يسجل أي تجاوز للحد الساعي ولحد المعدل اليومي المنصوص عليهما في القاعدة الفنية الأردنية لنوعية الهواء المحيط (الأشكال رقم ((٢-٢٣) و(٢-٢٤) و(٢-٢٥)).

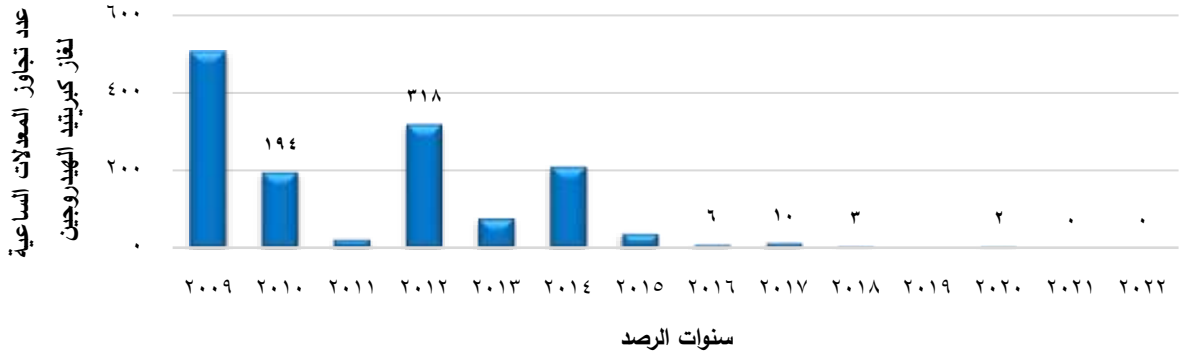
كانت المعدلات الشهرية لغاز كبريتيد الهيدروجين في هذا الموقع منخفضة ومتقاربة وسُجل أعلى معدل شهري خلال شهر حزيران ٢٠٢٢ حيث بلغ ٦,٢ جزء في البليون (الشكل رقم ٢-٢٦). وبلغ المعدل السنوي لغاز كبريتيد الهيدروجين خلال فترة الرصد (٢٠٢٢/١/١ – ٢٠٢٢/١٢/٣١) ٦ جزء في البليون كما هو مبين في الشكل رقم (٢-٢٧) .

[٤] تم الرصد في مدرسة أم شريك القريبة من حديقة الهاشمية للفترة ما بين (٢٠٠٩ – ٢٠١٨) ولم يتم رصد غاز كبريتيد الهيدروجين خلال عام ٢٠١٩ بسبب إعادة تأهيل موقع الرصد.

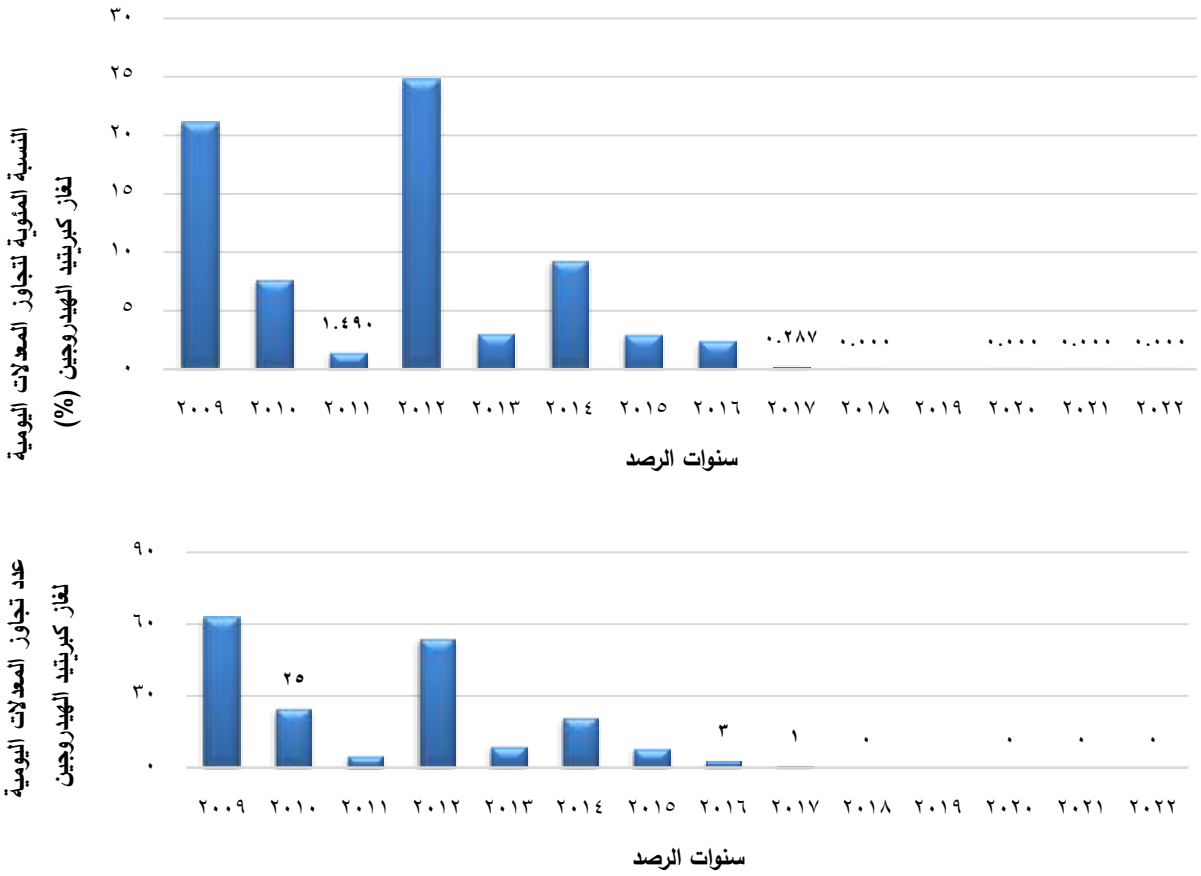


الشكل (٢-٢٣): المعدلات اليوميّة والمعدلات الساعيّة القصوى المسجلة يومياً لتركيز غاز كبريتيد الهيدروجين في موقع حديقة الهاشمية، خلال عام ٢٠٢٢.

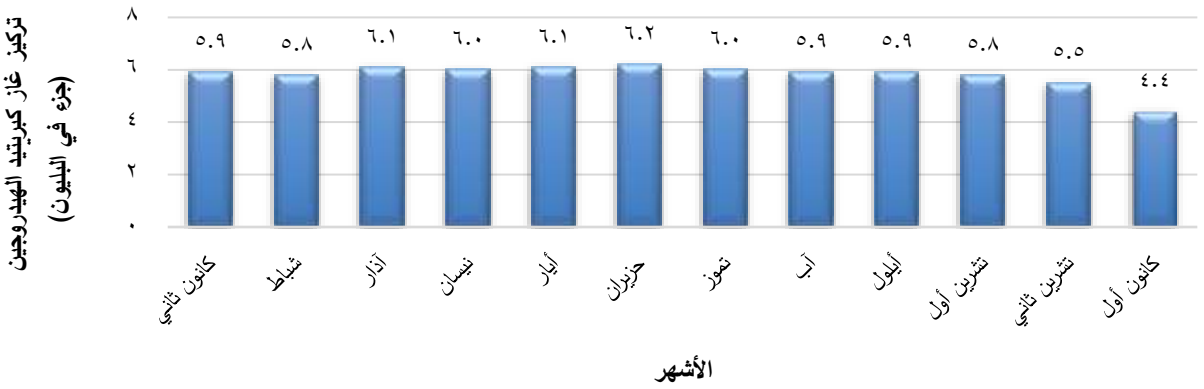




الشكل (٢-٢٤): نسب وعدد تجاوزات المعدلات الساعية لتركيز غاز كبريتيد الهيدروجين للحد المنصوص عليه في القاعدة الفنية الأردنية لنوعية الهواء المحيط في موقع حديقة الهاشمية/مدرسة أم شريك، (٢٠٠٩-٢٠٢٢).



الشكل (٢-٢٥): نسب وعدد تجاوزات المعدلات اليومية لتركيز غاز كبريتيد الهيدروجين للحد المنصوص عليه في القاعدة الفنية الأردنية لنوعية الهواء المحيط في موقع حديقة الهاشمية/مدرسة أم شريك، (٢٠٠٩-٢٠٢٢).



الشكل (٢-٢٦): المعدلات الشهرية لتركيز غاز كبريتيد الهيدروجين في موقع حديقة الهاشمية، خلال عام ٢٠٢٢.

الشكل (٢-٢٧): المعدلات السنوية لتركيز غاز كبريتيد الهيدروجين في موقع حديقة الهاشمية/مدرسة أم شريك، (٢٠٠٩- ٢٠٢٢).

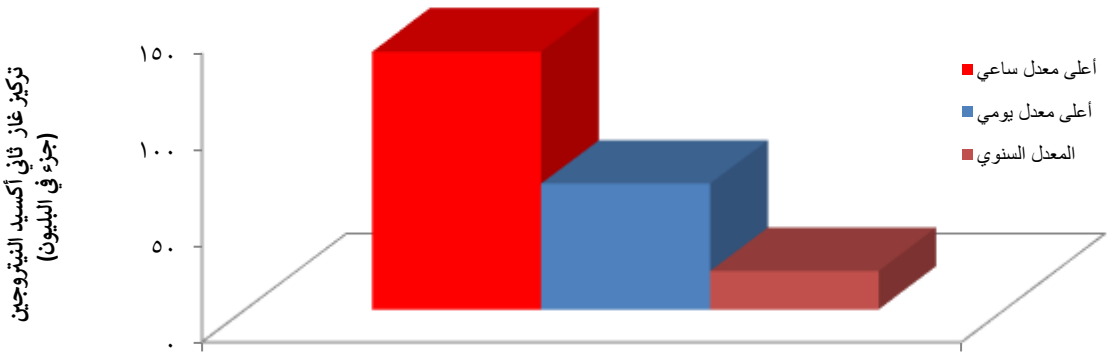
٢-٣ أكاسيد النيتروجين (NO, NO_2 & NO_x) [٥]

المصادر الرئيسة لانبعاث غازات أكاسيد النيتروجين في منطقة الهاشمية هي مصفاة البترول ومحطة الزرقاء لتوليد الكهرباء ومحطة السمرا لتوليد الكهرباء نتيجة لحرق الوقود عند درجات حرارة عالية بالإضافة إلى مصانع الحديد وصهر المعدن والمركبات.

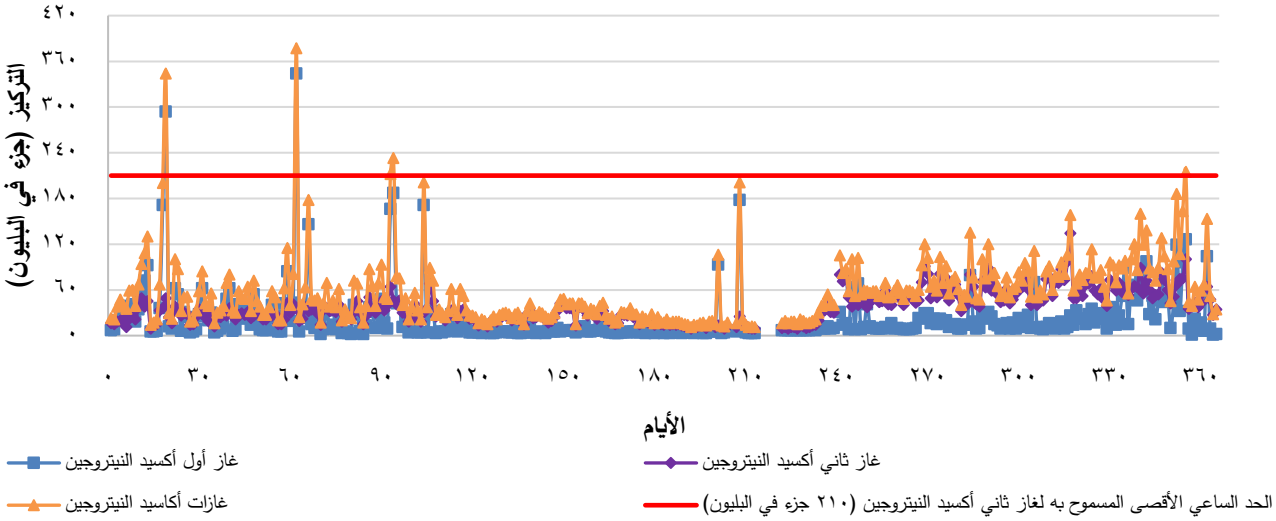
تم رصد غازات (NO, NO_2 & NO_x) في مركز التدريب الكهربائي وقد أظهرت نتائج الرصد لسنة ٢٠٢٢ أن مستويات غاز ثاني أكسيد النيتروجين كانت متدنية وضمن الحدود المنصوص عليها في القاعدة الفنية الأردنية لنوعية الهواء المحيط رقم ٢٠٠٦/١١٤٠. بلغ أعلى معدل ساعي لغاز ثاني أكسيد النيتروجين ١٣٤ جزء في البليون والذي سجل بتاريخ ٢٠٢٢/١١/١٣ (الساعة السادسة صباحاً) في حين بلغ أعلى معدل يومي لغاز ثاني أكسيد النيتروجين ٦٦ جزء في البليون والذي سُجل بتاريخ ٢٠٢٢/١١/١٣ (الأشكال رقم ((٢-٢٨) و(٢-٢٩) و(٢-٣٠)).

وبلغ أعلى معدل شهري لغاز ثاني أكسيد النيتروجين في هذا الموقع ٣٨ جزء في البليون والذي سُجل خلال شهر تشرين ثاني ٢٠٢٢ (الشكل رقم (٢-٣١)). وبلغ المعدل السنوي لغاز ثاني أكسيد النيتروجين خلال فترة الرصد (٢٠٢٢/١/١ – ٢٠٢٢/١٢/٣١) ٢٠ جزء في البليون كما هو مبين في الشكل رقم (٢-٣٢).

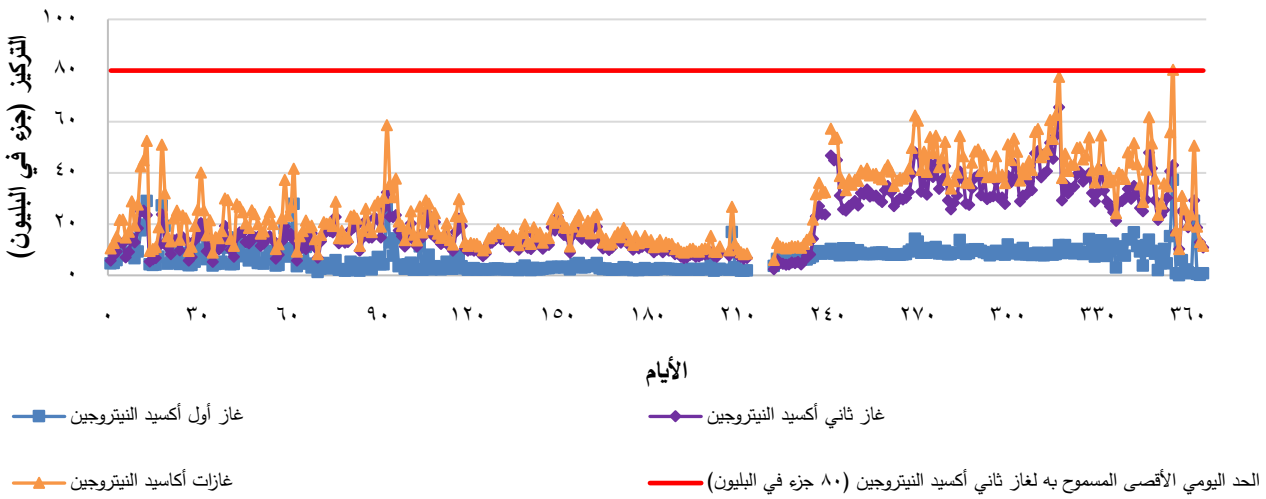
[٥] لم يتم رصد غاز ثاني أكسيد النيتروجين في موقع مركز التدريب الكهربائي خلال الأعوام ٢٠١٤ و٢٠١٧ و٢٠١٩ بسبب عطل فني في الجهاز



الشكل (٢-٢٨): أعلى المعدلات الساعية واليومية والمعدل السنوي لغاز ثاني أكسيد النيتروجين المسجلة في موقع الرصد في مركز التدريب الكهربائي خلال عام ٢٠٢٢.



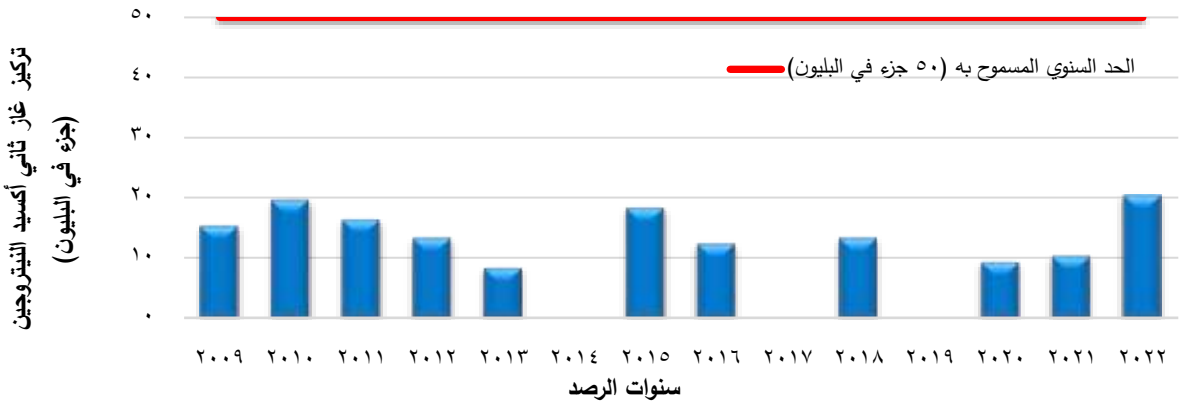
الشكل (٢-٢٩): المعدلات الساعيّة القصوى المسجلة يومياً لتراكيز غازات أكاسيد النيتروجين في موقع الرصد في مركز التدريب الكهربائي، خلال عام ٢٠٢٢.



الشكل (٢-٣٠): المعدلات اليومية المسجلة يومياً لتراكيز غازات أكاسيد النيتروجين في موقع الرصد في مركز التدريب الكهربائي، خلال عام ٢٠٢٢.

الشكل (٢-٣١): المعدلات الشهرية لتركيز غاز ثاني أكسيد النيتروجين في موقع مركز التدريب الكهربائي، خلال عام ٢٠٢٢.

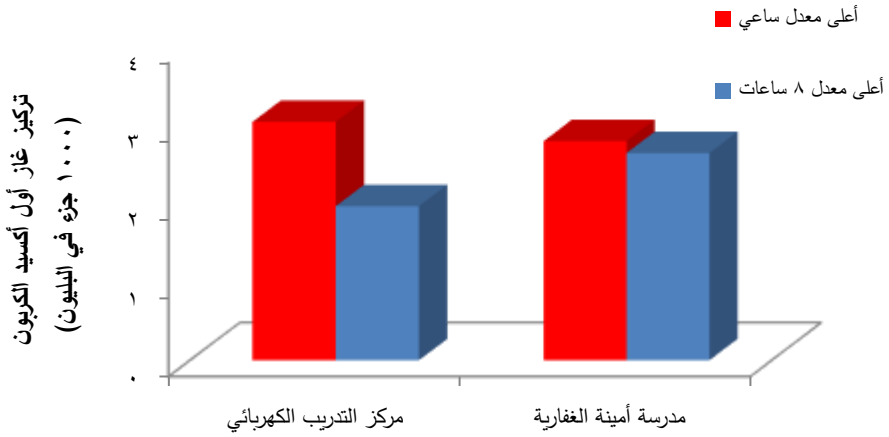
انقطع الرصد لأكثر من ٢٥% خلال شهر أب ٢٠٢٢ بسبب مشكلة فنية في الجهاز ومع ذلك تم احتساب المعدل الشهري له لبيان نمط التغير بالمقارنة مع الأشهر الأخرى.



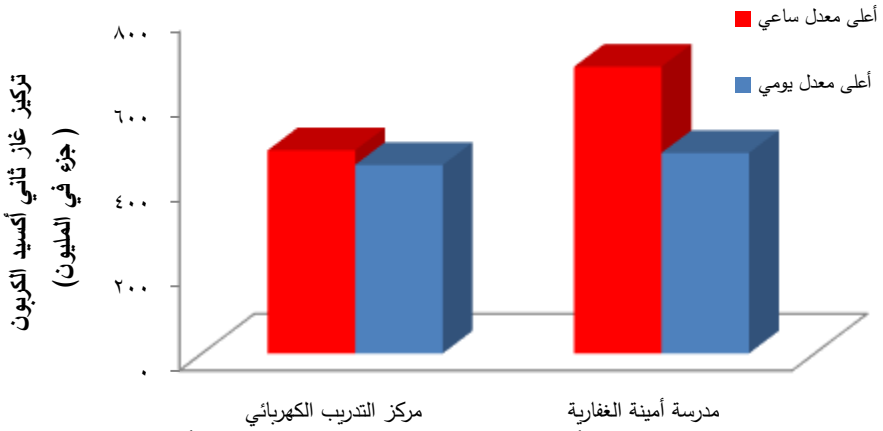
الشكل (٢-٣٢): المعدلات السنوية لتركيز غاز ثاني أكسيد النيتروجين في موقع مركز التدريب الكهربائي، (٢٠٠٩- ٢٠٢٢).

٢-٤ أكاسيد الكربون (CO & CO_2)

المصادر الرئيسة لانبعاث غازات أكاسيد الكربون في منطقة الهاشمية هي مصفاة البترول ومحطة الزرقاء ومحطة السمرا لتوليد الكهرباء بالإضافة إلى مصانع الحديد وصهر المعادن والمركبات، حيث ينتج غاز ثاني أكسيد الكربون عن عمليات الاحتراق الكامل بينما ينتج غاز أول أكسيد الكربون من عمليات الاحتراق غير الكامل خصوصاً في مراحل بداية التشغيل والتوقف لوحدات الإنتاج. تم رصد غازات أكاسيد الكربون في موقعي مركز التدريب الكهربائي ومدرسة أمينة الغفارية خلال عام ٢٠٢٢. يبين الشكلان (٢-٣٣) و(٢-٣٤) أعلى المعدلات الساعية وأعلى معدل ٨-ساعات لغاز أول اكسيد الكربون في موقعي الرصد وأعلى المعدلات الساعية واليومية لغاز ثاني أكسيد الكربون في موقعي الرصد على التوالي.



الشكل (٢-٣٣): مقارنة بين أعلى المعدلات الساعية وأعلى معدل ٨ ساعات لغاز أول أكسيد الكربون المسجلة في موقعي الرصد خلال عام ٢٠٢٢.



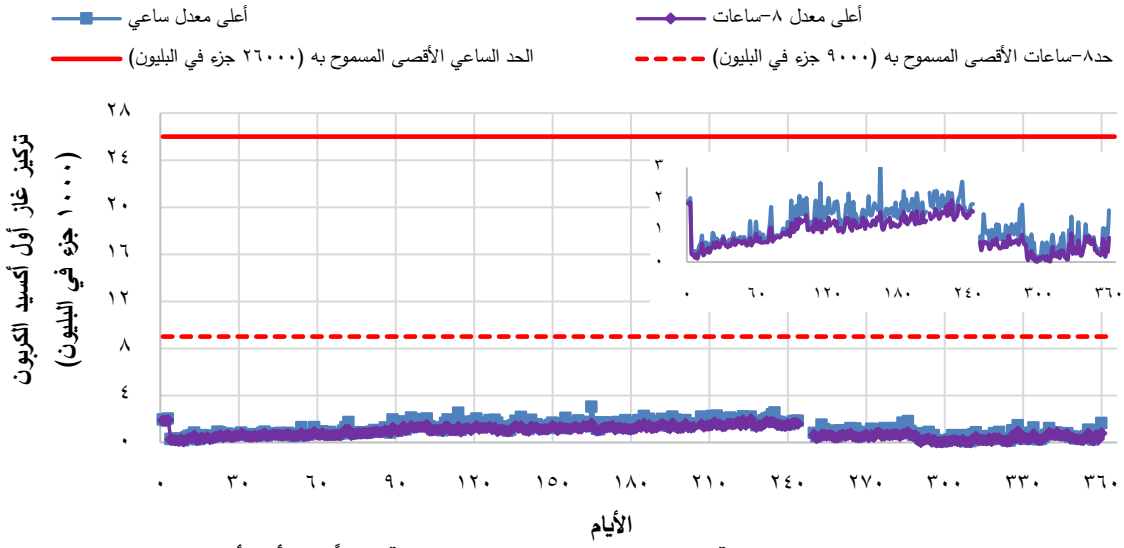
الشكل (٢-٣٤): مقارنة بين أعلى المعدلات الساعية واليومية لغاز ثاني أكسيد الكربون في موقعي الرصد خلال عام ٢٠٢٢

٢-٤-١ مركز التدريب الكهربائي[٦]

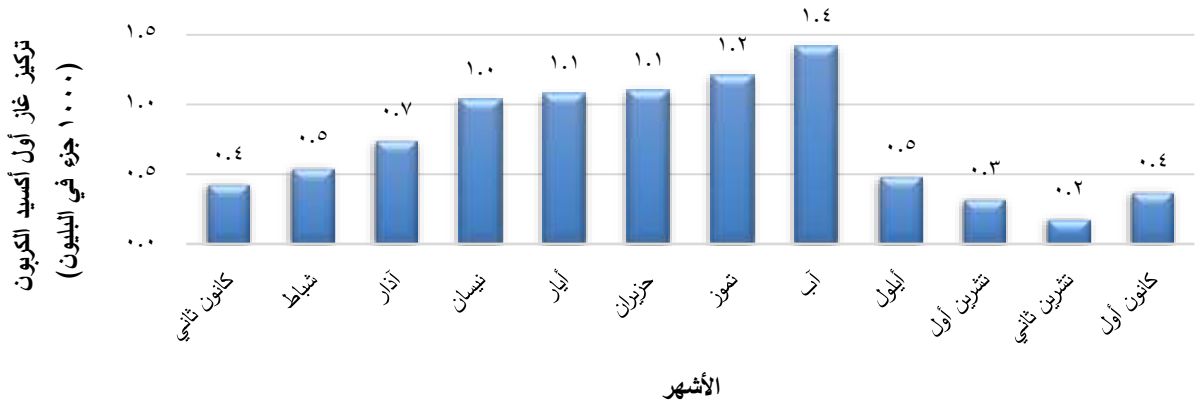
بلغ أعلى معدل ساعي لغاز أول أكسيد الكربون ٣٠٤٠ جزء في البليون بتاريخ ٢٠٢٢/٦/١٤ (الساعة الخامسة صباحاً) وبلغ أعلى معدل ٨-ساعات ١٩٦٦ جزء في البليون والذي سُجل بتاريخ ٢٠٢٢/٨/١٤ (الشكل رقم (٢-٣٥)). وكانت تراكيز غاز أول أكسيد الكربون ضمن الحد الساعي وحد الـ٨-ساعات المنصوص عليهما في القاعدة الفنية الأردنية لنوعية الهواء المحيط رقم ٢٠٠٦/١١٤٠ والبالغان ٢٦٠٠٠ جزء في البليون للحد الساعي و٩٠٠٠ جزء في البليون لحد ٨-ساعات. وبلغ أعلى معدل يومي لغاز ثاني أكسيد الكربون ٤٤٥ جزء في المليون والذي سُجل بتاريخ ٢٠٢٢/١١/١٠.

[٦] لم يتم رصد غازي أول وثاني أكسيد الكربون في موقع مركز التدريب الكهربائي خلال عام ٢٠١٩ بسبب عطل فني في الجهاز

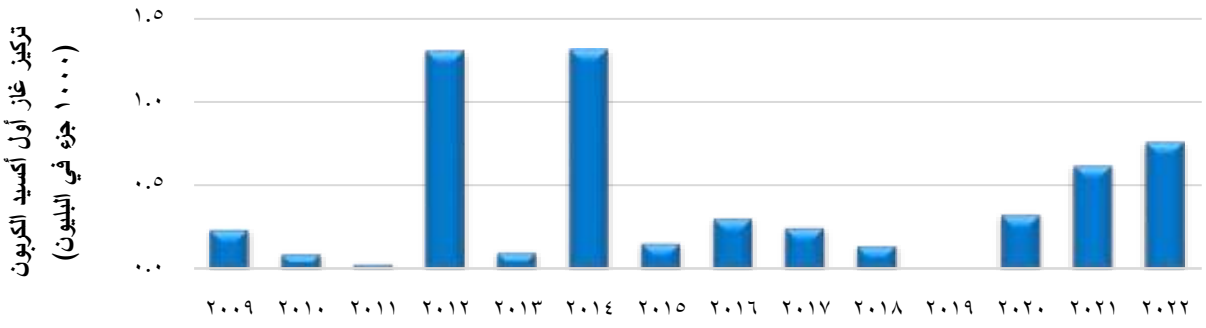
سُجل أعلى معدل شهري لغاز أول أكسيد الكربون خلال شهر آب ٢٠٢٢ حيث بلغ ١٤١٩ جزء في البليون (الشكل (٢-٣٦). وبلغ المعدل السنوي لغاز أول أكسيد الكربون خلال فترة الرصد (٢٠٢٢/١/١ – ٢٠٢٢/١٢/٣١) ٧٥٢ جزء في البليون كما هو مبين في الشكل (٢-٣٧).



الشكل رقم (٢-٣٥): المعدلات الساعية ومعدل ٨-ساعات القصوى المسجلة يومياً لغاز أول أكسيد الكربون في موقع مركز التدريب الكهربائي، خلال عام ٢٠٢٢.



الشكل (٢-٣٦): المعدلات الشهرية لغاز أول أكسيد الكربون في موقع مركز التدريب الكهربائي، خلال عام ٢٠٢٢.

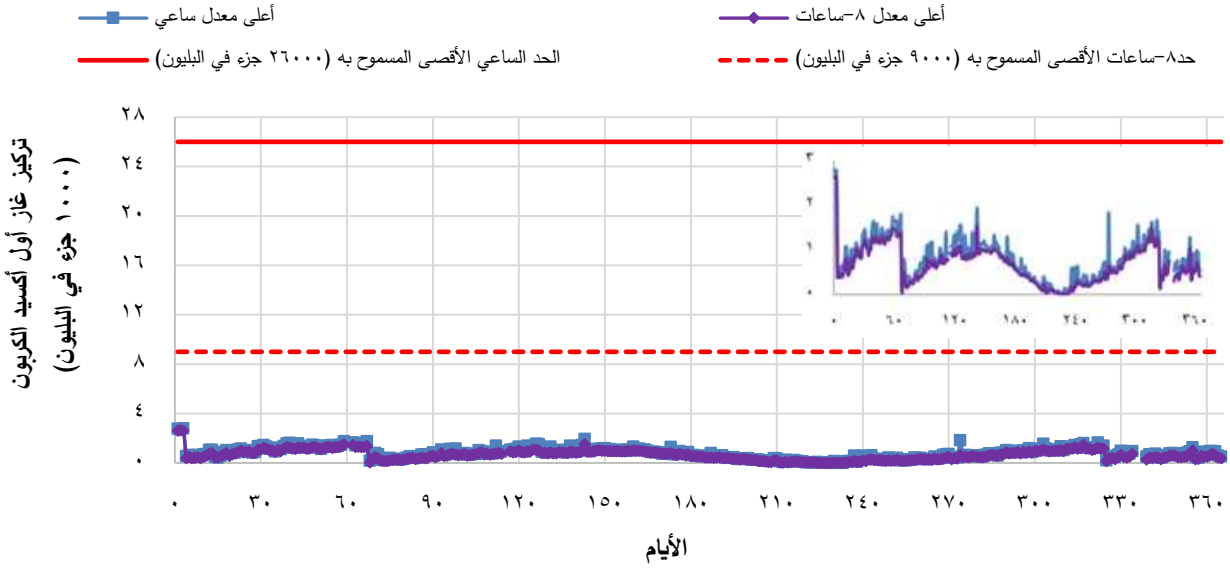


الشكل (٢-٣٧): المعدلات السنوية لتركيز غاز أول أكسيد الكربون في موقع مركز التدريب الكهربائي، (٢٠٠٩- ٢٠٢٢).

٢-٤-٢ مدرسة أمينة الغفارية[٧]

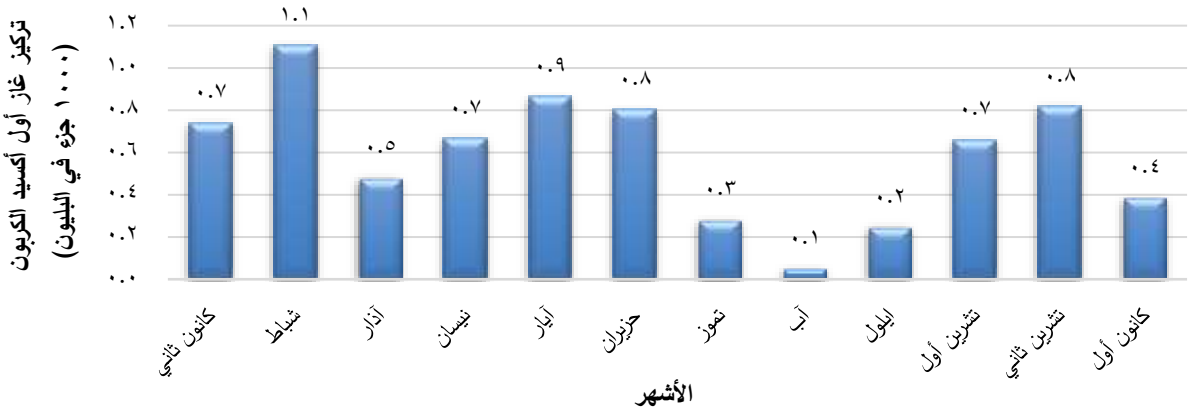
بلغ أعلى معدل ساعي لغاز أول أكسيد الكربون ٢٧٩٦ جزء في البليون والذي سجل بتاريخ ٢٠٢٢/١/٣ (الساعة التاسعة صباحاً) وبلغ أعلى معدل ٨-ساعات ٢٦٤٣ جزء في البليون والذي سُجل بتاريخ ٢٠٢٢/١/٢. وكانت تراكيز غاز أول أكسيد الكربون ضمن الحد الساعي وحد ٨- ساعات المنصوص عليهما في القاعدة الفنية الأردنية لنوعية الهواء المحيط رقم ٢٠٠٦/١١٤٠ والبالغان ٢٦٠٠٠ جزء في البليون للحد الساعي و٩٠٠٠ جزء في البليون لحد ٨-ساعات (الشكل رقم (٢-٣٨)). وبلغ أعلى معدل يومي لغاز ثاني أكسيد الكربون ٤٧٣ جزء في البليون والذي سُجل بتاريخ ٢٠٢٢/١/٣١.

سُجل أعلى معدل شهري لغاز أول أكسيد الكربون خلال شهر شباط ٢٠٢٢ حيث بلغ ١١٠٨ جزء في البليون (الشكل رقم (٢-٣٩)). وبلغ المعدل السنوي لغاز أول أكسيد الكربون خلال فترة الرصد (٢٠٢٢/١/١ - ٢٠٢٢/١٢/٣١) ٥٨٩ جزء في البليون كما هو مبين في الشكل رقم (٢-٤٠).



الشكل رقم (٢-٣٨): المعدلات الساعية ومعدل ٨-ساعات القصوى المسجلة يومياً لغاز أول أكسيد الكربون في مدرسة أمينة الغفارية، خلال عام ٢٠٢٢.

[٧] تم الرصد في مدرسة ابن الأنباري الملاصقة لمدرسة أمينة الغفارية للفترة ما بين (٢٠٠٩ - ٢٠١٤)، لم يتم رصد غازي أول وثاني أكسيد الكربون في موقع مدرسة أمينة الغفارية خلال عام ٢٠١٩ بسبب إعادة تأهيل موقع الرصد.

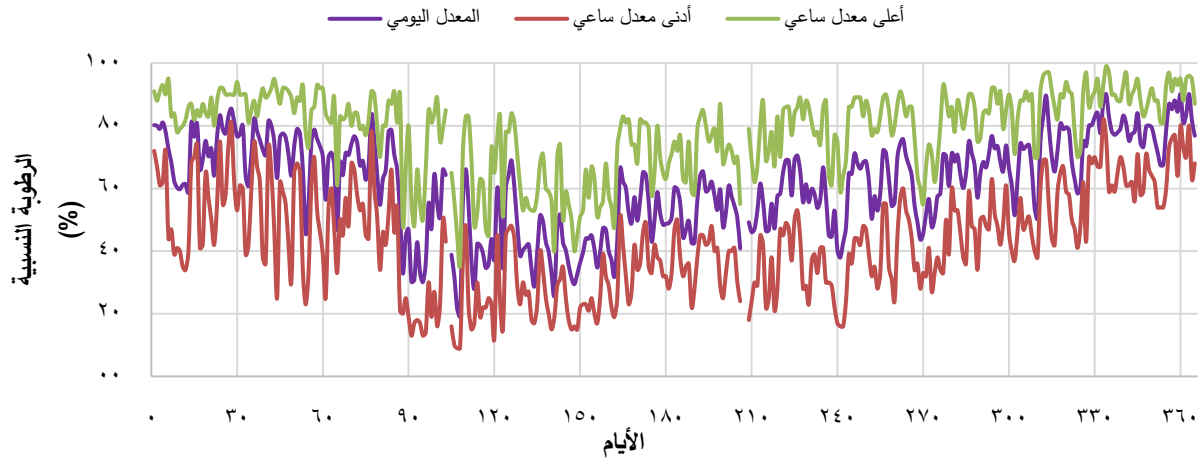


الشكل (٢-٣٩): المعدلات الشهرية لتركيز غاز أول أكسيد الكربون في موقع مدرسة أمينة الغفارية، خلال عام ٢٠٢٢.

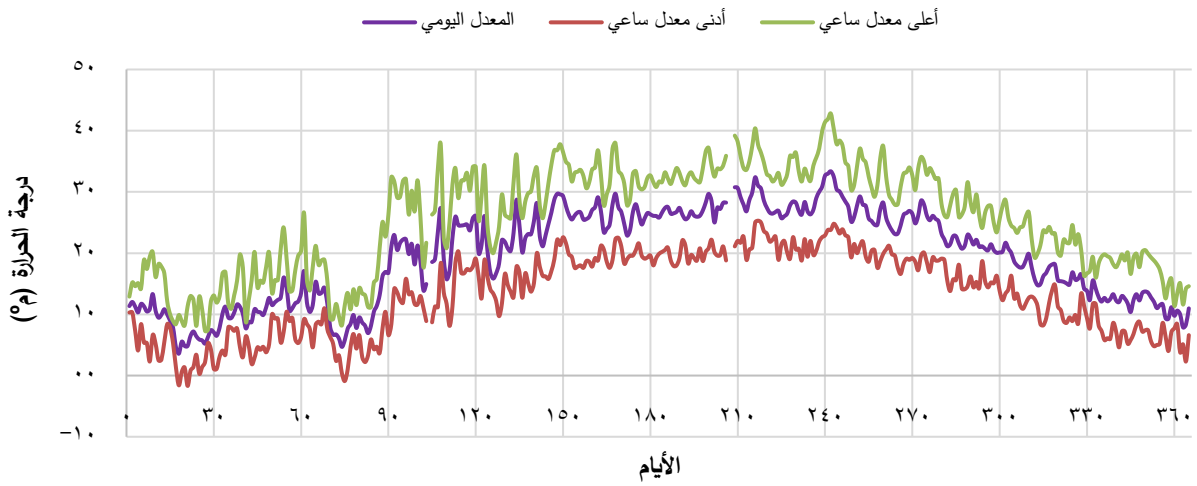
الشكل (٢-٤٠): المعدلات السنوية لتركيز غاز أول أكسيد الكربون في موقع مدرسة أمينة الغفارية/مدرسة ابن الانباري، (٢٠٠٩- ٢٠٢٢).

٢-٥ درجة الحرارة والرطوبة النسبية

تم رصد درجة الحرارة والرطوبة النسبية في موقع مركز التدريب الكهربائي خلال عام ٢٠٢٢، وتظهر الأشكال (٢-٤١ و ٢-٤٢) المعدلات اليومية وأعلى وأدنى المعدلات الساعية في موقع الرصد.



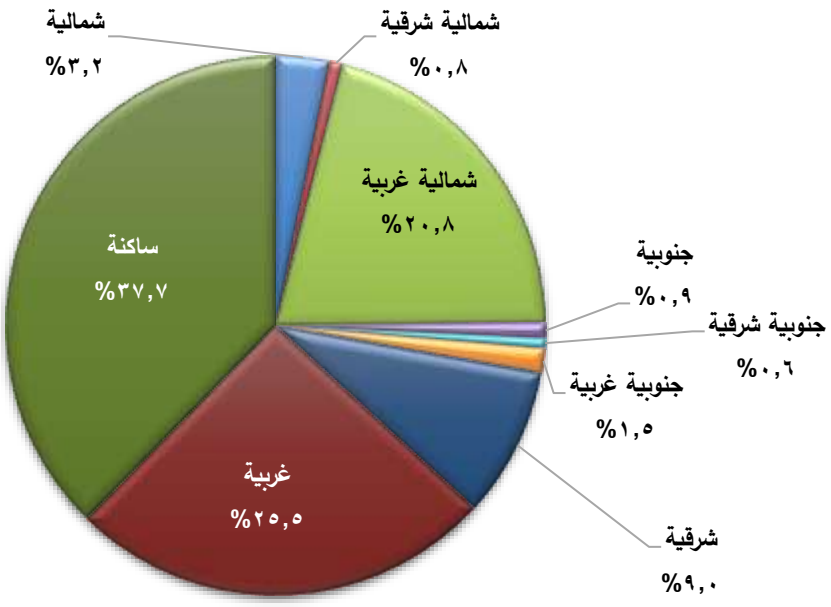
الشكل (٢-٤١): المعدلات اليومية وأدنى وأعلى معدل ساعي للرطوبة النسبية في موقع مركز التدريب الكهربائي، خلال عام ٢٠٢٢.



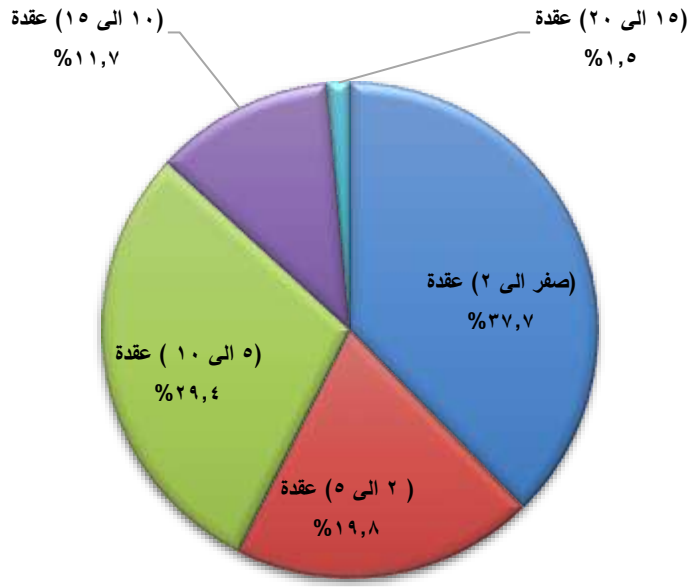
الشكل (٢-٤٢): المعدلات اليومية وأدنى وأعلى معدل ساعي لدرجة الحرارة في موقع مركز التدريب الكهربائي، خلال عام ٢٠٢٢.

٢-٦ سرعة واتجاه الرياح

تم رصد سرعة واتجاه الرياح في موقع مركز التدريب الكهربائي، وتظهر الأشكال (٢-٤٣ و ٢-٤٤) توزيع اتجاه وسرعة الرياح خلال عام ٢٠٢٢. بينت نتائج الرصد أن الرياح الساكنة هي الرياح السائدة في منطقة الهاشمية بنسبة ٣٧,٦% تليها الرياح الغربية بنسبة ٢٥,٦% ومن ثم الرياح الشمالية الغربية بنسبة ٢٠,٩%. وقد سادت الرياح التي تقل سرعتها عن ٢ عقدة خلال فترة الرصد حيث بلغت نسبتها ٣٧,٦% تلتها الرياح التي تقع سرعتها بين ٥-١٠ عقدة بنسبة ٢٩,٥%.

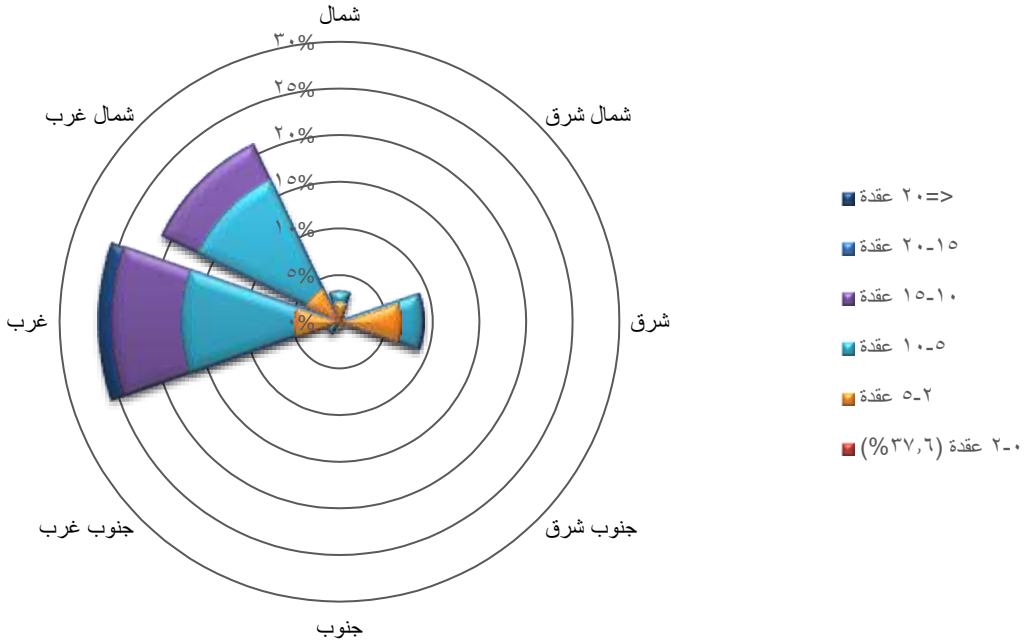


الشكل (٢-٤٣): توزيع اتجاه الرياح في موقع مركز التدريب الكهربائي خلال عام ٢٠٢٢



الشكل (٢-٤٤): توزيع سرعة الرياح (عقدة) في موقع مركز التدريب الكهربائي خلال عام ٢٠٢٢

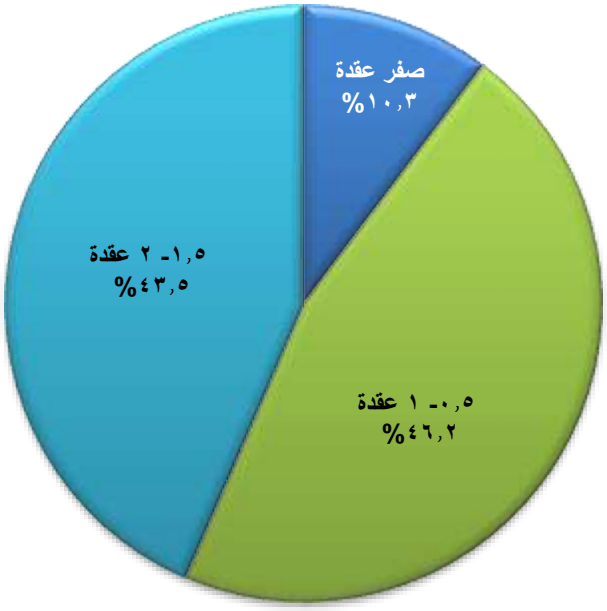
يبين الشكل رقم (٢-٤٥) وردة الرياح (Wind Rose) في منطقة الهاشمية، ويظهر هذا الشكل اتجاه الرياح السائدة بالإضافة إلى توزيع سرعة واتجاه الرياح. ويمكن الملاحظة بأن الرياح كانت في أغلب الأحيان من الاتجاه الغربي والشمالي الغربي.



الشكل (٢-٤٥): مخطط لوردة الرياح (wind rose plot) في موقع مركز التدريب الكهربائي خلال عام ٢٠٢٢.

٣. مناقشة نتائج الدراسة

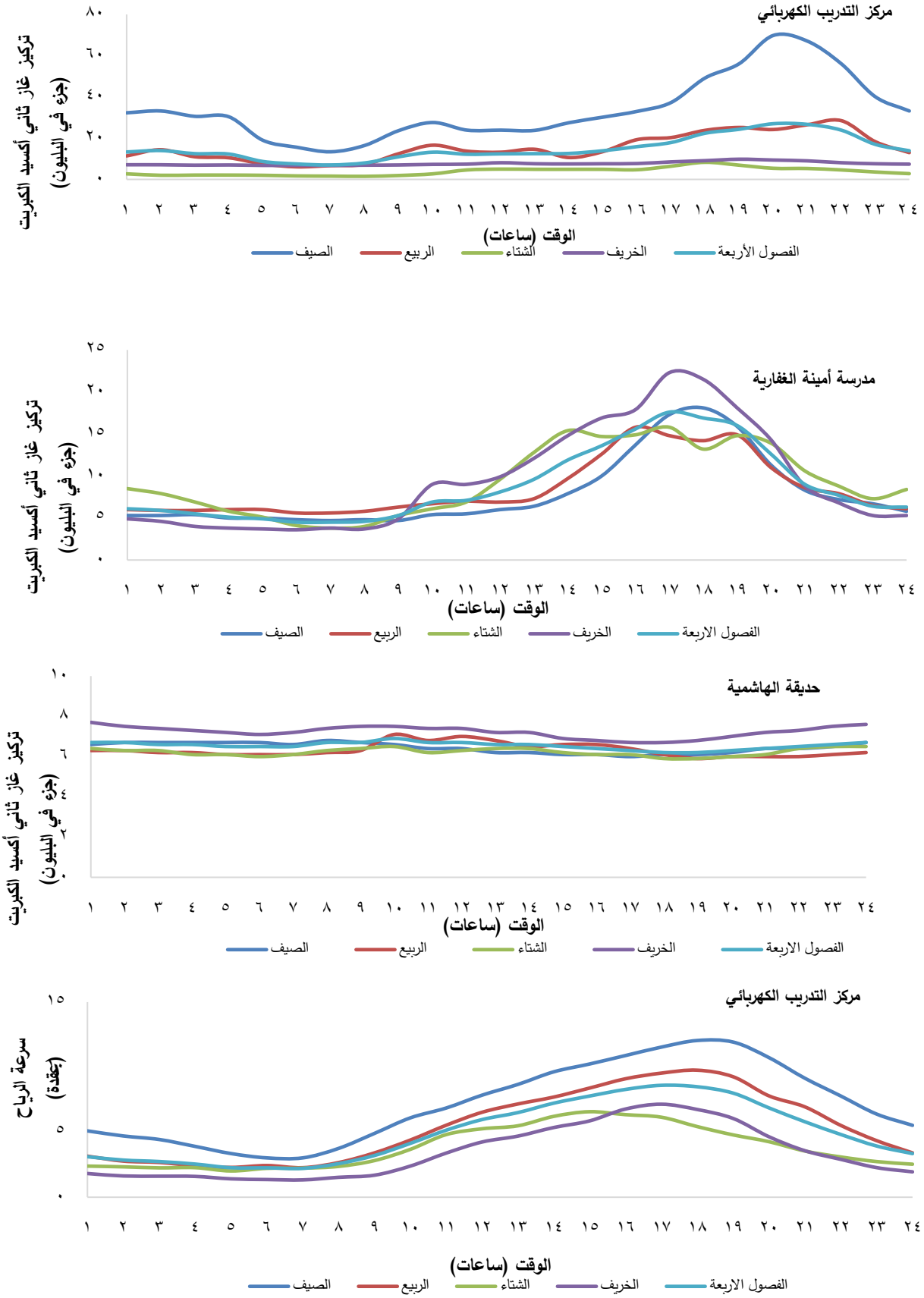
تواجدت الرياح الساكنة بسرعة صفر بنسبة (١٠,٣%) وبسرعة ٠,٥ – ١ عقدة بنسبة عالية (٤٦,٢ %) من مجموع نسبة الرياح الساكنة التي تقل سرعتها عن ٢ عقدة في منطقة الهاشمية في معظم أيام الرصد كما هو مبين في الشكل رقم (٣–١) أدناه حيث تعمل هذه الرياح على تراكم تراكيز الملوثات حول المصدر المنبعثة منه دون نقلها إلى مسافات بعيدة مشكلةً بذلك ما يشبه الغيمة تزداد مساحتها ومحتواها من الملوثات كلما طالت فترة سكون الرياح. مما يعني أن مواقع الرصد المحيطة بمصدر التلوث الثابت أصبحت معرضة للتلوث ليس فقط بالغازات المنبعثة من المصدر نفسه (مداخن (Point Stationary Sources) أو/و انبعاثات من مصادر أخرى (Fugitive Emissions)) وإنما من الغيمة التي تشكلت نتيجة لسكون الرياح.



الشكل (٣-١): توزيع سرعة الرياح الساكنة في موقع الرصد في مركز التدريب الكهربائي خلال عام ٢٠٢٢

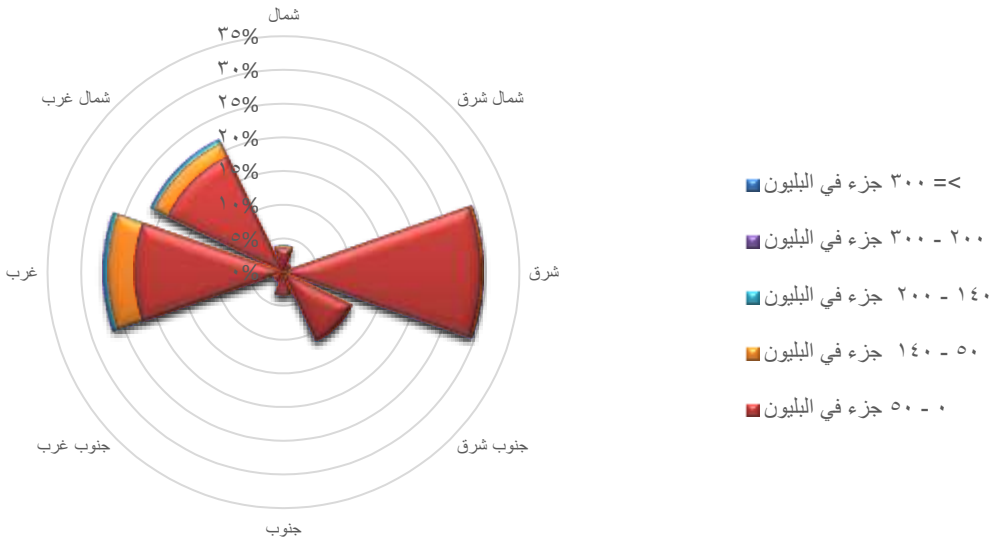
٣–١ ثاني أكسيد الكبريت (SO_2)

يُبيّن الشكل (٣–٢) المعدلات السنوية والفصلية لتركيز غاز ثاني أكسيد الكبريت وسرعة الرياح خلال كل ساعة من ساعات اليوم في جميع مواقع الرصد، حيث يلاحظ أن مستويات هذا الغاز في موقعي الرصد في مركز التدريب الكهربائي ومدرسة أمينة الغفارية تتناسب طردياً مع سرعة الرياح حيث تصل إلى أعلى مستوياتها في كلا الموقعين في ساعات المساء، فيما كانت معدلات تراكيز غاز ثاني أكسيد الكبريت في حديقة الهاشمية منخفضة ومتقاربة ولا يوجد نمط مشترك ملحوظ لتغيرها مع تغير سرعة الرياح.

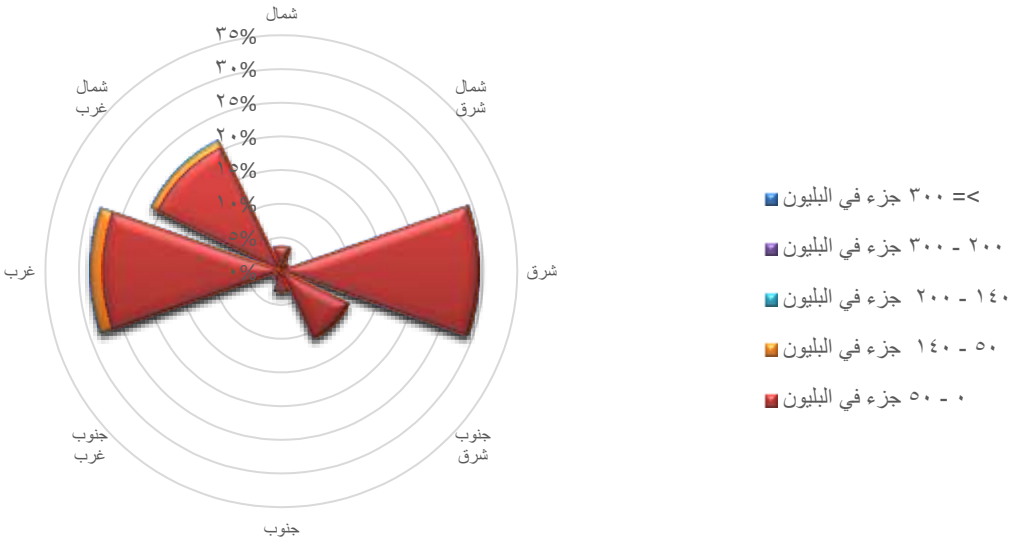


الشكل (٣-٢): معدلات تراكيز غاز ثاني أكسيد الكبريت وسرعة الرياح لكل ساعة من ساعات اليوم في مواقع الرصد في الهاشمية، خلال عام ٢٠٢٢.

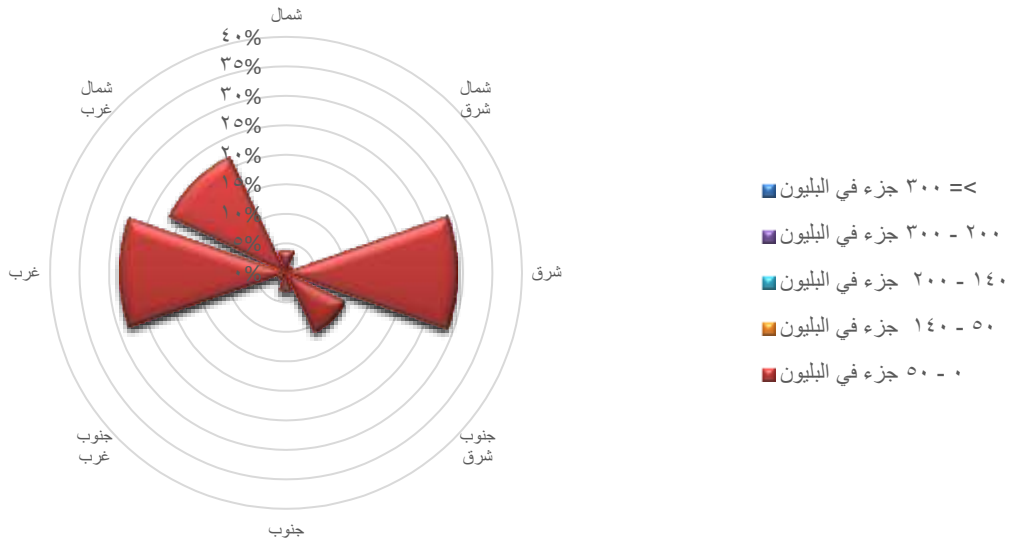
يبين الشكلين (٣-٣) و (٣-٤) أدناه توزيع للمعدلات الساعية مع اتجاه الرياح خلال عام ٢٠٢٢ لغاز ثاني أكسيد الكبريت في مركز التدريب الكهربائي ومدرسة أمينة الغفارية، حيث يلاحظ بأن أغلب تراكيز هذا الغاز في كلا الموقعين تراوحت ما بين صفر الى ٥٠ جزء في البليون عند هبوب الرياح الشرقية، مع وجود بعض التراكيز بين ٥٠ الى ١٤٠ جزء في البليون عند تواجد الرياح في الاتجاه الغربي والشمالي الغربي. في حين يبين الشكل (٣-٥) ان جميع تراكيز هذا الغاز في موقع حديقة الهاشمية تراوحت ما بين صفر الى ٥٠ جزء في البليون وكان أغلب اتجاه الرياح عند تسجيل هذه التراكيز في الاتجاه الشرقي والغربي والشمالي الغربي.



الشكل (٣-٣): توزيع المعدلات الساعية لتركيز غاز ثاني أكسيد الكبريت في موقع مركز التدريب الكهربائي مع اتجاه الرياح خلال عام ٢٠٢٢

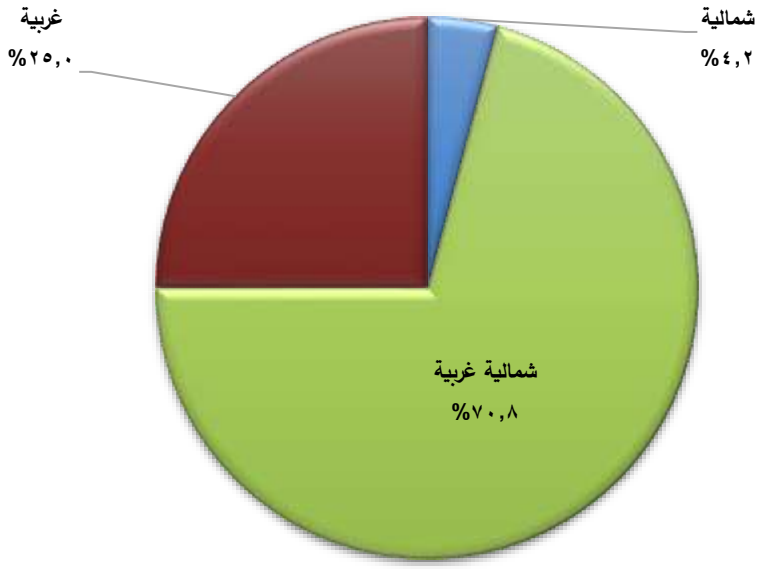


الشكل (٣-٤): توزيع المعدلات الساعية لتركيز غاز ثاني أكسيد الكبريت في موقع مدرسة أمينة الغفارية مع اتجاه الرياح خلال عام ٢٠٢٢

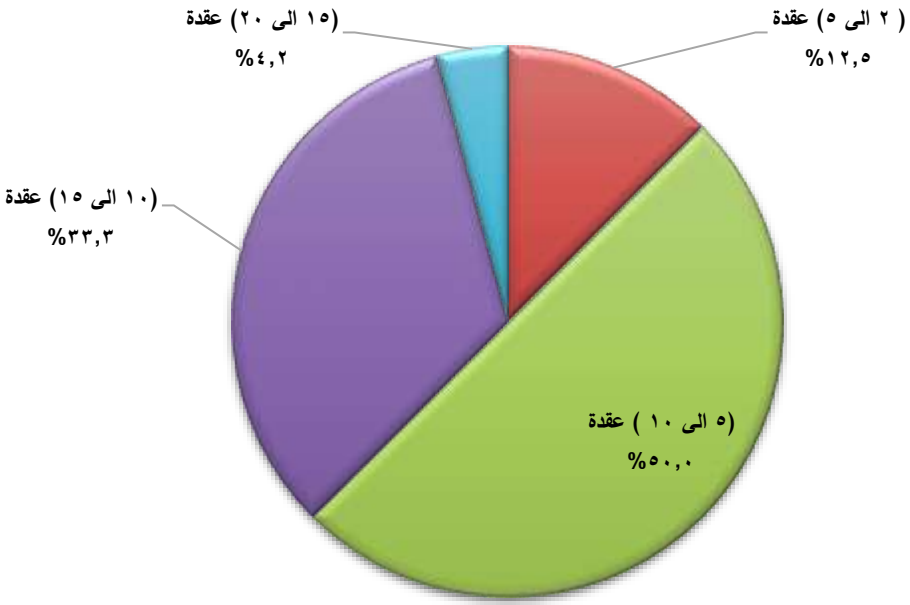


الشكل (٣-٥): توزيع المعدلات الساعية لتركيز غاز ثاني أكسيد الكبريت في موقع حديقة الهاشمية مع اتجاه الرياح خلال عام ٢٠٢٢

وتبين الأشكال (٣-٦) و(٣-٧) أن الرياح السائدة خلال اليوم الذي سُجل فيه تجاوز للحد اليومي في مركز التدريب الكهربائي هي الرياح الشمالية الغربية بنسبة ٧٠,٨% تلتها الرياح الغربية بنسبة ٢٥% وتساعد هذه الرياح على نقل الغازات المنبعثة من محطة الزرقاء لتوليد الكهرباء ومصفاة البترول الأردنية الى الموقع الذي يقع في الجهة الشرقية من مصادر التلوث.



الشكل (٣-٦): توزيع اتجاه الرياح خلال اليوم الذي سُجل فيه تجاوز للحد اليومي الذي تنص عليه القاعدة الفنية الأردنية لنوعية الهواء المحيط رقم (١١٤٠/٢٠٠٦) لغاز ثاني أكسيد الكبريت في موقع مركز التدريب الكهربائي خلال عام ٢٠٢٢

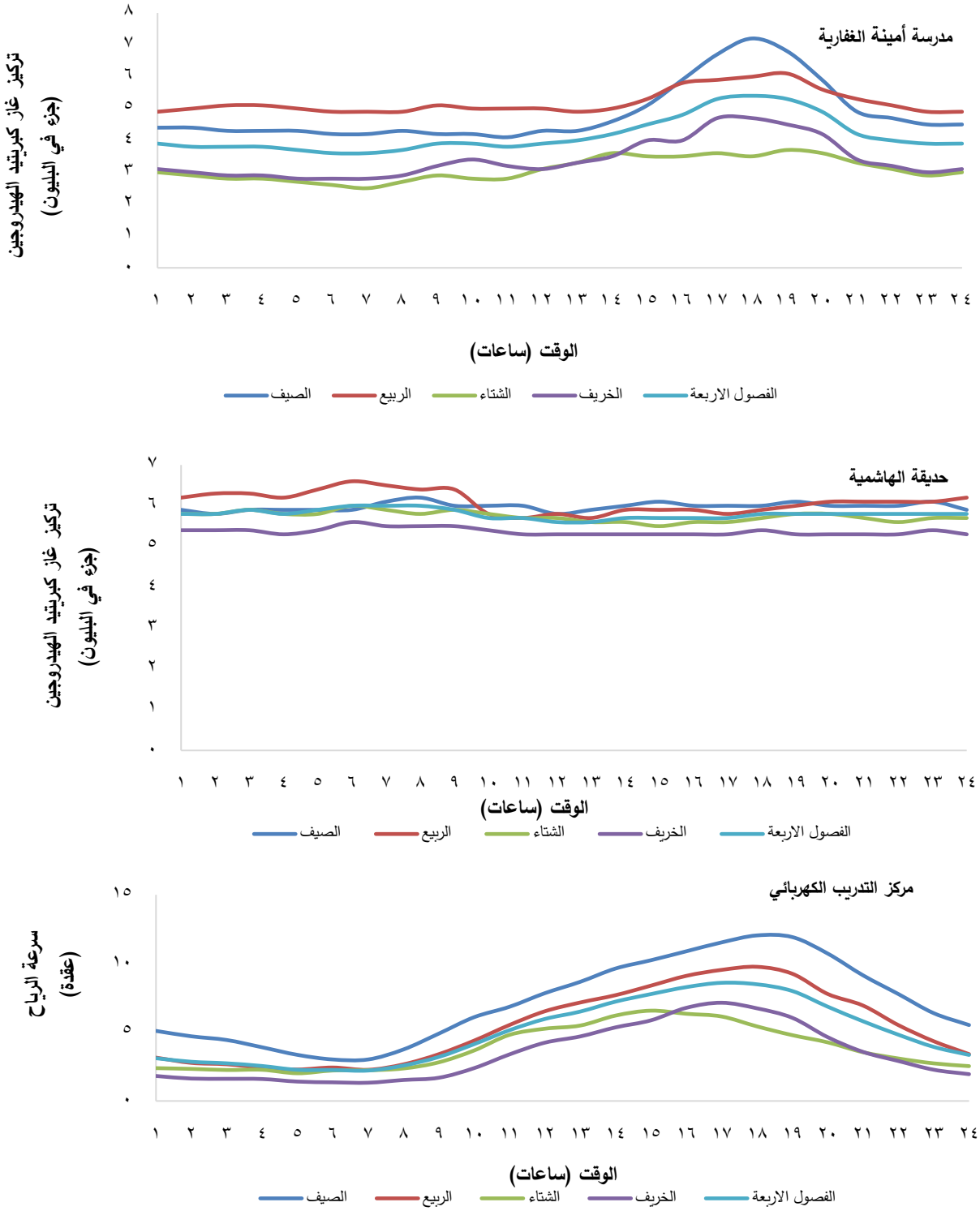


الشكل (٣-٧): توزيع سرعة الرياح (عقدة) خلال اليوم الذي سُجل فيه تجاوز للحد اليومي الذي تنص عليه القاعدة الفنية الأردنية لنوعية الهواء المحيط رقم ٢٠٠٦/١١٤٠) لغاز ثاني أكسيد الكبريت في موقع مركز التدريب الكهربائي خلال عام ٢٠٢٢

٣-٢ كبريتيد الهيدروجين (H_2S)

إن مصفاة البترول الأردنية ومحطة السمرا لتنقية المياه العادمة المنزلية هما المصدران الرئيسان لانبعاث غاز كبريتيد الهيدروجين إلى الهواء المحيط في منطقة الهاشمية. فقد بينت نتائج الدراسة الحالية تعرض موقع الرصد في مدرسة أمينة الغفارية إلى مستويات أعلى من غاز كبريتيد الهيدروجين مقارنةً بموقع الرصد في حديقة الهاشمية.

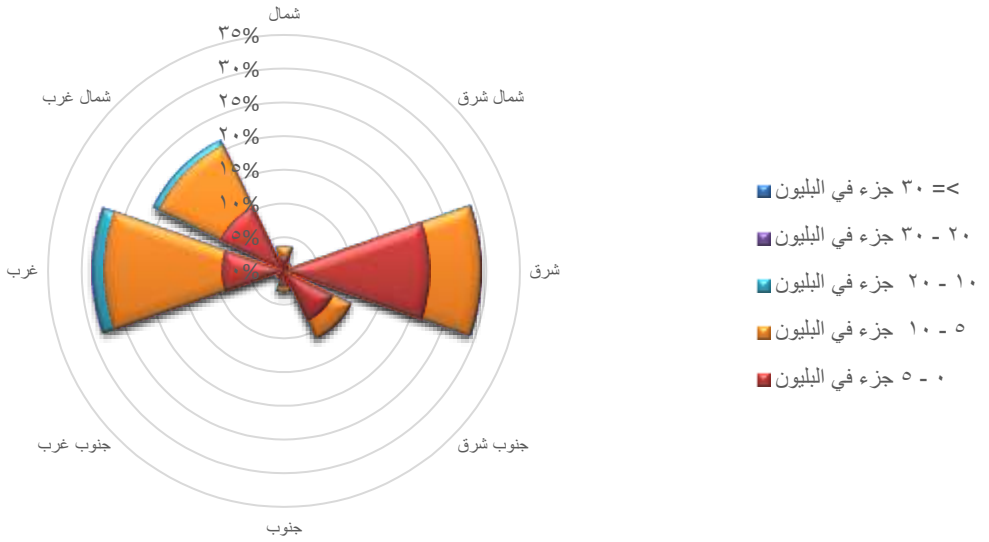
يُبيّن الشكل (٣-٨) أدناه المعدلات السنوية والفصلية لتركيز غاز كبريتيد الهيدروجين وسرعة الرياح خلال كل ساعة من ساعات اليوم في موقعي الرصد في مدرسة أمينة الغفارية وحديقة الهاشمية، حيث يلاحظ بأن مستويات هذا الغاز في موقع مدرسة أمينة الغفارية تتناسب طردياً مع سرعة الرياح، في حين ان موقع حديقة الهاشمية لا يتبع نمط منتظم مقارنة بسرعة الرياح.



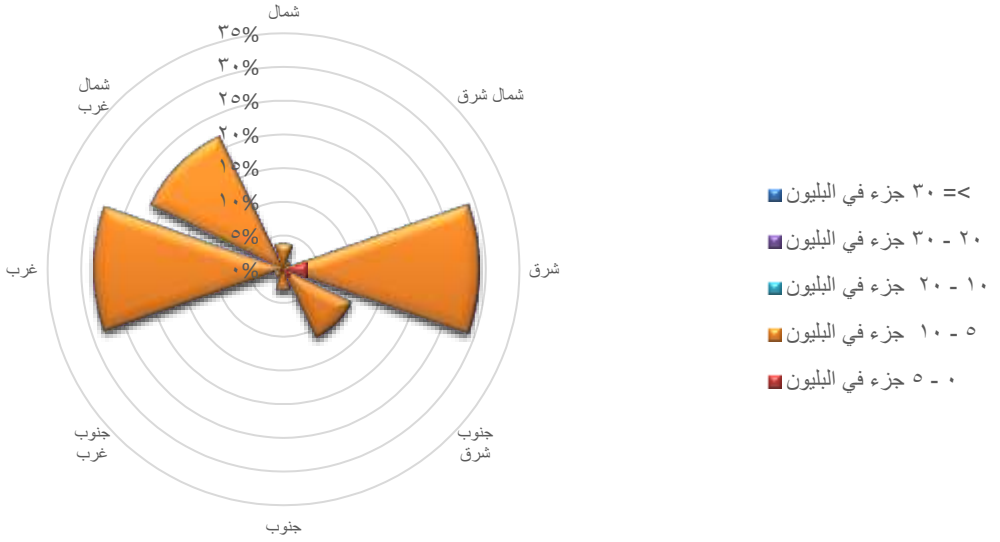
الشكل (٣-٨): معدلات تراكيز كبريتيد الهيدروجين وسرعة الرياح لكل ساعة من ساعات اليوم في مواقع الرصد في الهاشمية، خلال عام ٢٠٢٢.

و يبين الشكلين رقم (٣-٩) و (٣-١٠) توزيع المعدلات الساعية لتركيز غاز كبريتيد الهيدروجين في موقع مدرسة أمينة الغفارية وموقع حديقة الهاشمية مع اتجاه الرياح خلال فترة الرصد خلال عام ٢٠٢٢، ويلاحظ ان اغلب تراكيز هذا الغاز في موقع مدرسة أمينة الغفارية تراوحت ما بين صفر الى ١٠ جزء في البليون وكان اتجاه الرياح للتراكيز بين صفر و ٥ جزء في البليون في الاتجاه الشرقي وبينما كان أغلب اتجاه الرياح للتراكيز بين ٥-١٠ جزء في البليون في الاتجاه الشرقي والغربي والشمالي الغربي مع وجود

بعض التراكيز اكثر من ١٠ جزء في البليون عند تواجد الرياح في الاتجاه الغربي و الشمالي الغربي. أما بالنسبة لموقع الرصد في حديقة الهاشمية فهو الموقع الأقرب إلى محطة السمرا لتنقية المياه العادمة المنزلية ويقع إلى الغرب والجنوب الغربي منها، لذلك يتعرض هذا الموقع للتلوث بغاز كبريتيد الهيدروجين من المحطة أثناء هبوب الرياح الشرقية والرياح الشمالية الشرقية وأثناء سكون الرياح، ويلاحظ بأن أغلب تراكيز هذا الغاز في هذا الموقع تراوحت ما بين ٥ الى ١٠ جزء من البليون وكان اغلب اتجاه الرياح عند تسجيل هذه التراكيز في الاتجاه الشرقي والشمالي الغربي والغربي.



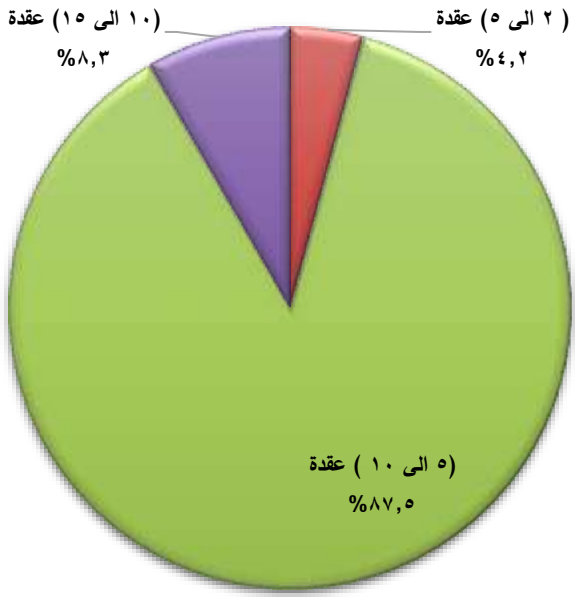
الشكل (٣-٩): توزيع المعدلات الساعية لتركيز غاز كبريتيد الهيدروجين في موقع مدرسة أمينة الغفارية مع اتجاه الرياح خلال عام ٢٠٢٢



الشكل (٣-١٠): توزيع المعدلات الساعية لتركيز غاز كبريتيد الهيدروجين في موقع حديقة الهاشمية مع اتجاه الرياح خلال عام ٢٠٢٢

وتبين الأشكال (٣-١١) و(٣-١٢) أن الرياح السائدة خلال اليوم الذي سُجل فيه تجاوز للحد اليومي في مدرسة أمينة الغفارية هي الرياح الغربية بنسبة ١٠٠% وتساعد هذه الرياح على نقل الغازات المنبعثة من مصفاة البترول الأردنية الى الموقع الذي يقع في الجهة الشرقية من مصادر التلوث.

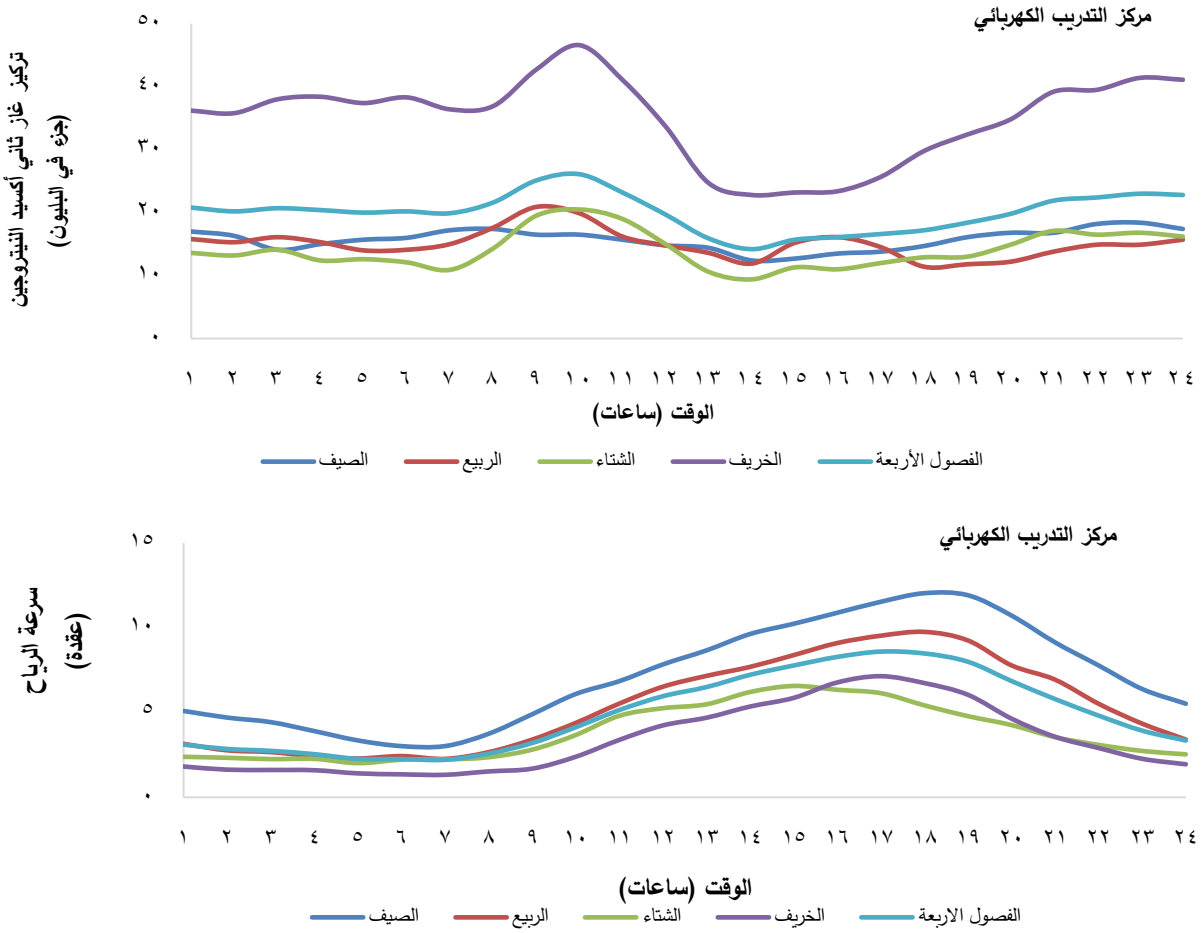
الشكل (٣-١١): توزيع اتجاه الرياح خلال اليوم الذي سُجل فيه تجاوز للحد اليومي الذي تنص عليه القاعدة الفنية الأردنية لنوعية الهواء المحيط رقم ٢٠٠٦/١١٤٠) لغاز كبريتيد الهيدروجين في مدرسة أمينة الغفارية خلال عام ٢٠٢٢



الشكل (٣-١٢): توزيع سرعة الرياح (عقدة) خلال اليوم الذي سُجل فيه تجاوز للحد اليومي الذي تنص عليه القاعدة الفنية الأردنية لنوعية الهواء المحيط رقم ٢٠٠٦/١١٤٠) لغاز كبريتيد الهيدروجين في مدرسة أمينة الغفارية خلال عام ٢٠٢٢

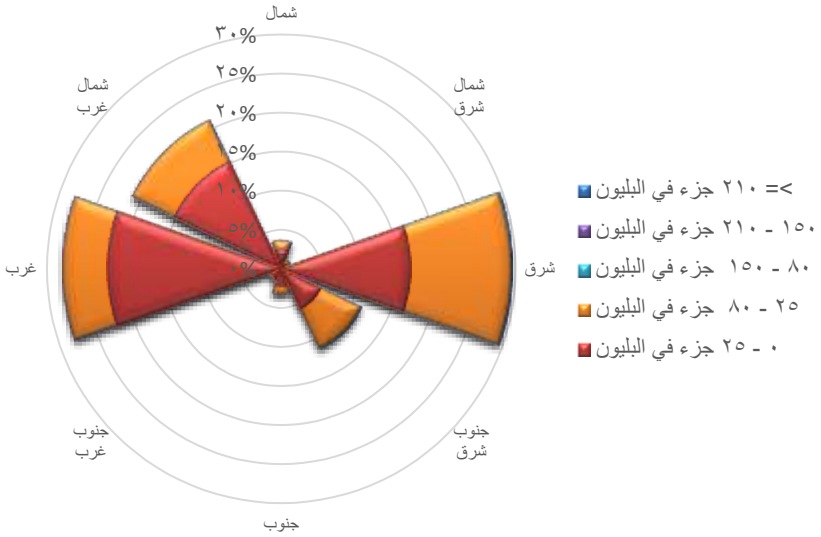
٣-٣ أكاسيد النيتروجين (NO, NO_2 & NOx)

يظهر الشكل (٣-١٣) المعدلات السنوية والفصلية لتركيز غاز ثاني أكسيد النيتروجين وسرعة الرياح خلال كل ساعة من ساعات اليوم في مركز التدريب الكهربائي. ويبين الشكل بأن تراكيز غاز ثاني أكسيد النيتروجين كانت متذبذبة ولا تتبع نمط منتظم بالمقارنة مع معدل سرعة الرياح خلال معظم فصول السنة حيث وصلت تراكيز هذا الغاز إلى أعلى مستوياتها خلال معظم الفصول عند الساعة العاشرة صباحاً.



الشكل (٣-١٣): معدلات تراكيز غاز ثاني أكسيد النيتروجين وسرعة الرياح لكل ساعة من ساعات اليوم في موقع مركز التدريب الكهربائي، خلال عام ٢٠٢٢.

يبين الشكل (٣-١٤) أدناه توزيع للمعدلات الساعية مع اتجاه الرياح خلال عام ٢٠٢٢ لغاز ثاني أكسيد النيتروجين في موقع مركز التدريب الكهربائي، حيث يلاحظ بأن تراكيز هذا الغاز في هذا الموقع كانت منخفضة حيث كانت معظم النتائج ما بين صفر الى ٢٥ جزء في البليون عند تواجد الرياح في الاتجاه الشرقي والغربي والشمالي الغربي وتم تسجيل بعض النتائج بين ٢٥ الى ٨٠ جزء في البليون عند هبوب الرياح في الاتجاهات الذكورة سابقاً.

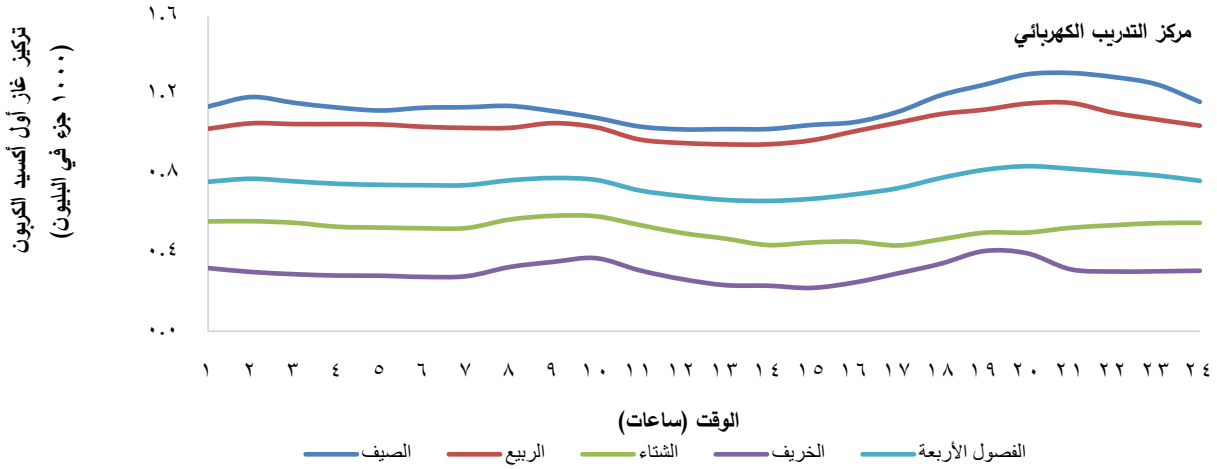


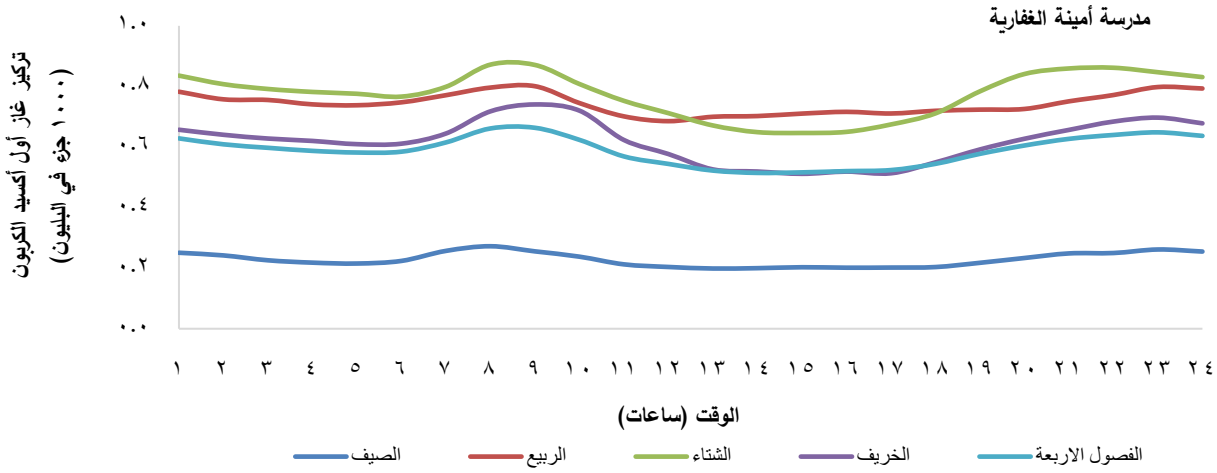
الشكل (٣-١٤): توزيع المعدلات الساعية لتركيز غاز ثاني أكسيد النيتروجين في موقع مركز التدريب الكهربائي مع اتجاه الرياح خلال عام ٢٠٢٢

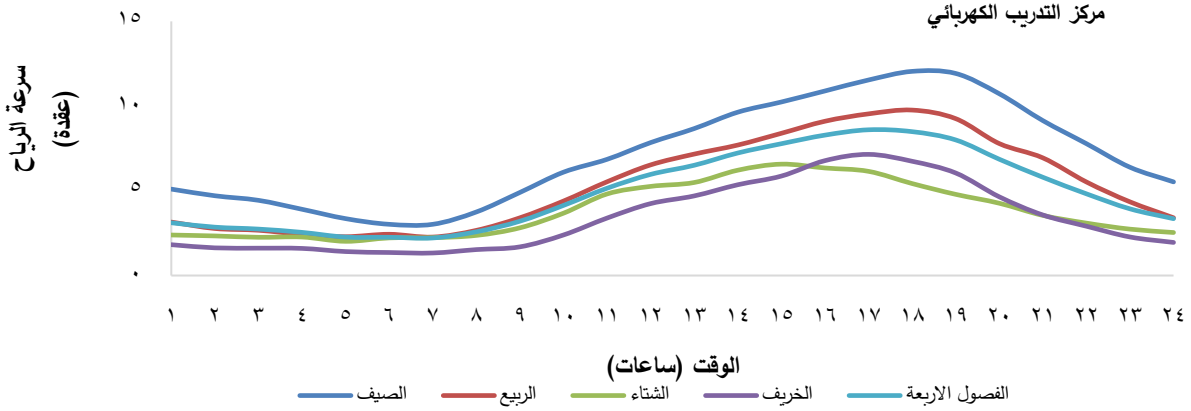
٣-٤ أكاسيد الكربون (CO & CO_2)

أظهرت نتائج الدراسة الحالية ان مستويات غاز أول أكسيد الكربون موقعي الرصد في مركز التدريب الكهربائي ومدرسة أمينة الغفارية كانت منخفضة. كما وتجدر الإشارة هنا إلى أنه لا توجد حدود في القاعدة الفنية الأردنية لغاز ثاني أكسيد الكربون ولا يُعّد ملوثاً للهواء المحيط وإنما هو الغاز الرئيس من غازات الدفيئة والتي تسبب زيادة كميات انبعاثاتها بفعل نشاطات الإنسان إلى ظاهرة التغير المناخي.

يُبيّن الشكل رقم (٣-١٥) المعدلات السنوية والفصلية لتركيز غاز أول أكسيد الكربون وسرعة الرياح خلال كل ساعة من ساعات اليوم في موقعي الرصد. ويلاحظ بأنّ تراكيز غاز أول أكسيد الكربون في موقع الرصد في مركز التدريب الكهربائي كانت أعلى من مثيلاتها في موقع الرصد في مدرسة أمينة الغفارية، ويلاحظ ايضاً ان تراكيز غاز أول أكسيد الكربون لا تتبع نمط منتظم بالمقارنة مع معدل سرعة الرياح خلال معظم فصول السنة في كلا الموقعين.

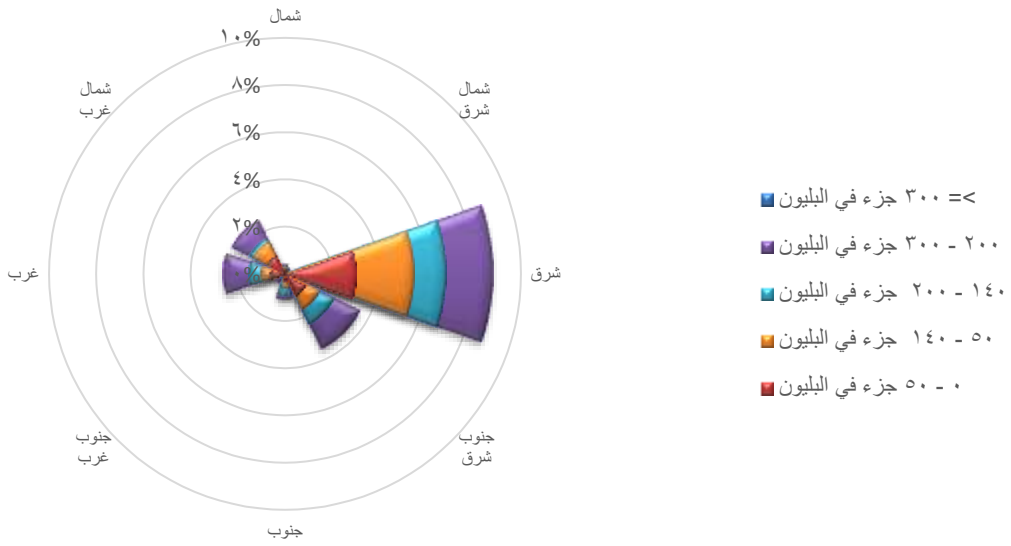




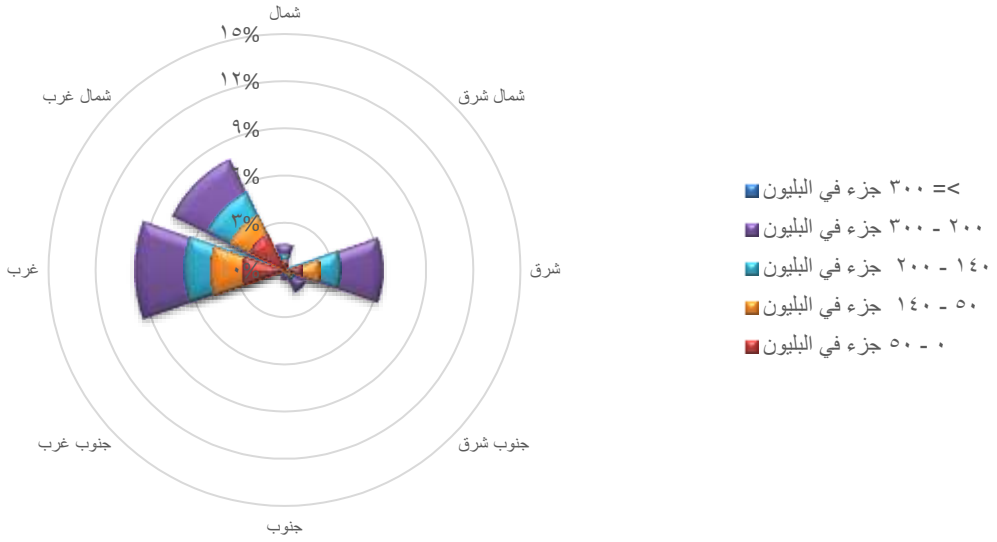


الشكل (٣-١٥): معدلات تراكيز غاز أول أكسيد الكربون وسرعة الرياح لكل ساعة من ساعات اليوم في مواقع الرصد في الهاشمية، خلال عام ٢٠٢٢.

تبين الأشكال ((٣-١٦) و (٣-١٧)) أدناه توزيع للمعدلات الساعية لغاز أول أكسيد الكربون مع اتجاه الرياح خلال عام ٢٠٢٢ في موقعي الرصد في مركز التدريب الكهربائي ومدرسة أمينة الغفارية على التوالي، حيث يلاحظ بأن تراكيز هذا الغاز في كلا الموقعين كانت منخفضة وضمن الحد الساعي المنصوص عليه في القاعدة الفنية الأردنية رقم ٢٠٠٦/١١٤٠.



الشكل (٣-١٦): توزيع المعدلات الساعية لتركيز غاز أول أكسيد الكربون في موقع مركز التدريب الكهربائي مع اتجاه الرياح خلال عام ٢٠٢٢.

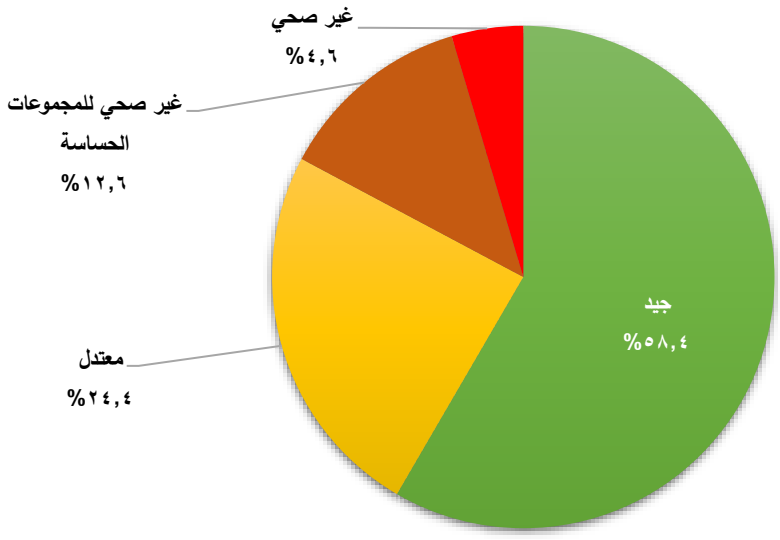


الشكل (٣-١٧): توزيع المعدلات الساعية لتركيز غاز أول أكسيد الكربون في موقع مدرسة أمينة الغفارية مع اتجاه الرياح خلال عام ٢٠٢٢

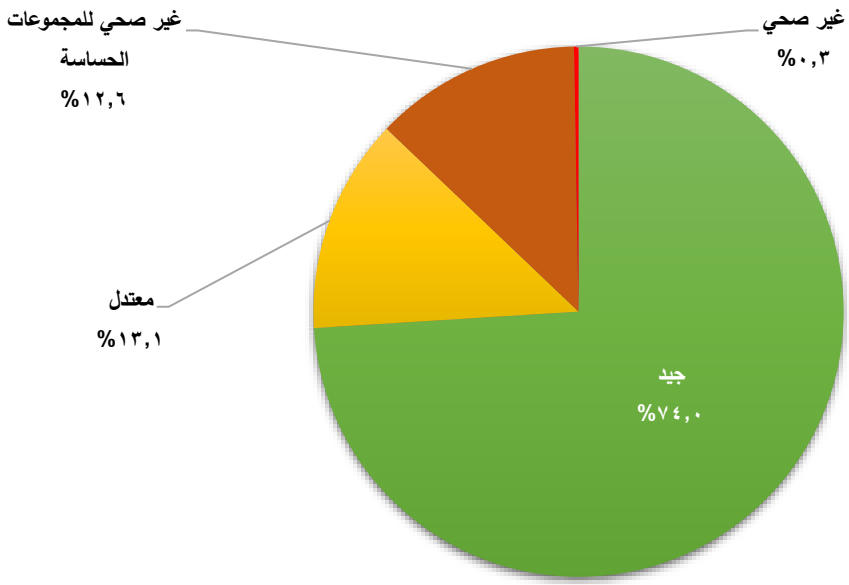
٤. مؤشر جودة الهواء

مؤشر جودة الهواء (Air Quality Index, AQI) هو مقياس مبسط للتعريف بحالة جودة الهواء اليومية ويستند على القياسات الفعلية للملوثات في الهواء المحيط، حيث يتم تحويل تراكيز هذه الملوثات إلى ألوان محددة يمكن أن يفهمها عامة الناس. ويقسم مؤشر جودة الهواء من صفر إلى ٥٠٠ وتمثل القيمة ٥٠٠ مستويات عالية من التلوث وتهديداً أكبر للصحة وكلما قلت قيمة مؤشر جودة الهواء كان الهواء أقل تلوثاً وأقل تهديداً للصحة كما هو مبين أدناه. ومن الجدير بالذكر بأنه يتم حساب مؤشر جودة الهواء بالاعتماد على معايير وكالة حماية البيئة الأمريكية (Environmental Protection Agency, EPA).

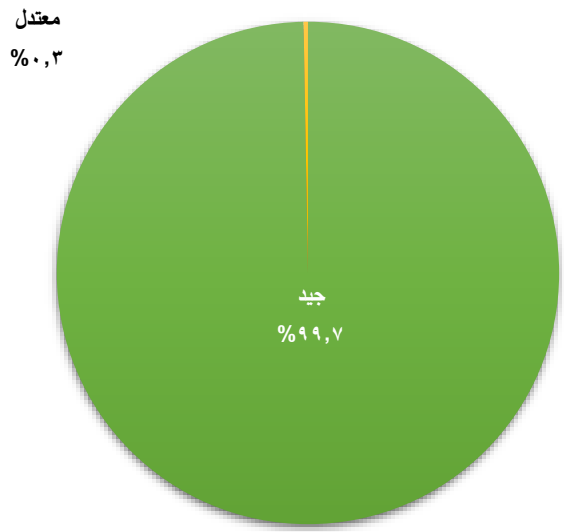
تبين الاشكال ((٤-١) و(٤-٢) و(٤-٣)) توزيع مؤشر جودة الهواء حسب وكالة حماية البيئة (EPA) في كل مواقع الرصد خلال عام ٢٠٢٢، و يلاحظ من الاشكال ادناه أن موقع الرصد في حديقة الهاشمية كان الأفضل على سلم مؤشر الجودة؛ حيث تم تسجيل ٣٥٨ يومًا كان فيها مؤشر جودة الهواء جيداً بما نسبته ٩٩,٧% من أيام الرصد في السنة، و**يوم واحد** كان فيه مؤشر جودة الهواء معتدلاً بما نسبته ٠,٣%، بينما تم تسجيل ٢٧٠ يومًا كان فيها مؤشر جودة الهواء جيداً بما نسبته ٧٤,٠%، و٤٨ يوماً كان فيها مؤشر جودة الهواء معتدلاً بما نسبته ١٣,١%، و٤٦ كان فيها مؤشر جودة الهواء غير صحي للمجموعات الحساسة بما نسبته ١٢,٦%، و**يوم واحد** كان فيه مؤشر جودة الهواء غير صحي بما نسبته ٠,٣% في موقع الرصد في مدرسة أمينة الغفارية. وكان موقع الرصد في مركز التدريب الكهربائي الأخير على سلم مؤشر الجودة حيث تم تسجيل ٢١٣ يوماً كان فيها مؤشر جودة الهواء جيداً بما نسبته ٥٨,٤% من أيام الرصد في السنة، و٨٩ يومًا كان فيها مؤشر جودة الهواء معتدلاً بما نسبته ٢٤,٤%، و٤٦ كان فيها مؤشر جودة الهواء غير صحي للمجموعات الحساسة بما نسبته ١٢,٦%، و١٧ يوماً كان فيها مؤشر جودة الهواء غير صحي بما نسبته ٤,٦%.



الشكل (٤-١) :توزيع مؤشر جودة الهواء حسب وكالة حماية البيئة (EPA) في موقع مركز التدريب الكهربائي خلال عام ٢٠٢٢



الشكل (٤-٢) :توزيع مؤشر جودة الهواء حسب وكالة حماية البيئة (EPA) في موقع مدرسة أمينة الغفارية خلال عام ٢٠٢٢

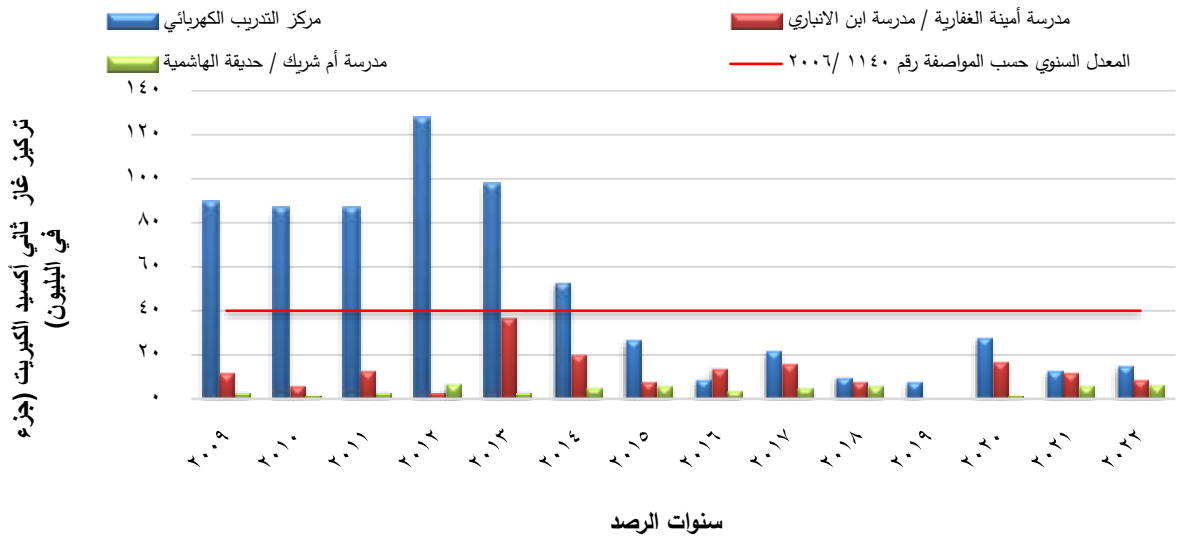


الشكل (٤-٣) :توزيع مؤشر جودة الهواء حسب وكالة حماية البيئة (EPA) في موقع حديقة الهاشمية خلال عام ٢٠٢٢

٥. مقارنة نتائج الدراسة الحالية مع الدراسات السابقة

٥-١ ثاني أكسيد الكبريت (SO_2)

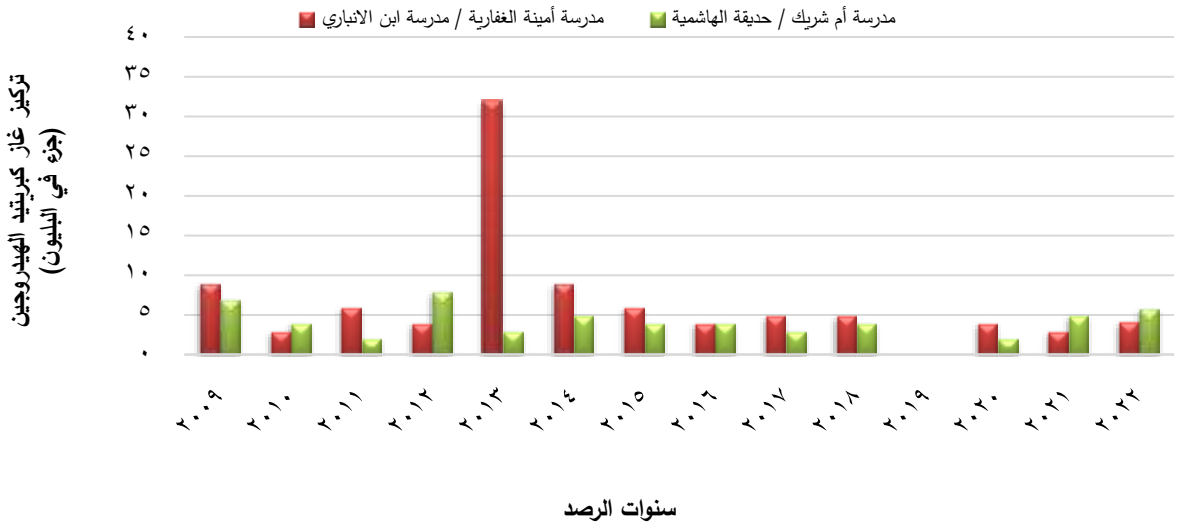
بمقارنة نتائج رصد غاز ثاني أكسيد الكبريت خلال الدراسة الحالية بالدراسات السابقة في جميع مواقع الرصد (الشكل (٥-١))، لوحظ خلال فترة الدراسة الحالية حدوث ارتفاع بسيط في المعدل السنوي لغاز ثاني أكسيد الكبريت في موقع الرصد في حديقة الهاشمية ومركز التدريب الكهربائي وانخفاض المعدل السنوي لهذا الغاز في مدرسة أمينة الغفارية عن فترة الرصد السابقة (٢٠٢١)، إلا أنه بقي ضمن الحد السنوي المنصوص عليه في القاعدة الفنية الأردنية رقم ٢٠٠٦/١١٤٠. ومن الجدير بالذكر بأنه لم يتم رصد غاز ثاني أكسيد الكبريت في موقع مدرسة أمينة الغفارية وحديقة الهاشمية خلال عام ٢٠١٩ بسبب إعادة تأهيل مواقع الرصد.



الشكل (٥-١): مقارنة بين المعدلات السنوية لغاز ثاني أكسيد الكبريت المسجلة في جميع مواقع الرصد خلال سنوات الرصد (٢٠٠٩ - ٢٠٢٢)

٥-٢ كبريتيد الهيدروجين (H_2S)

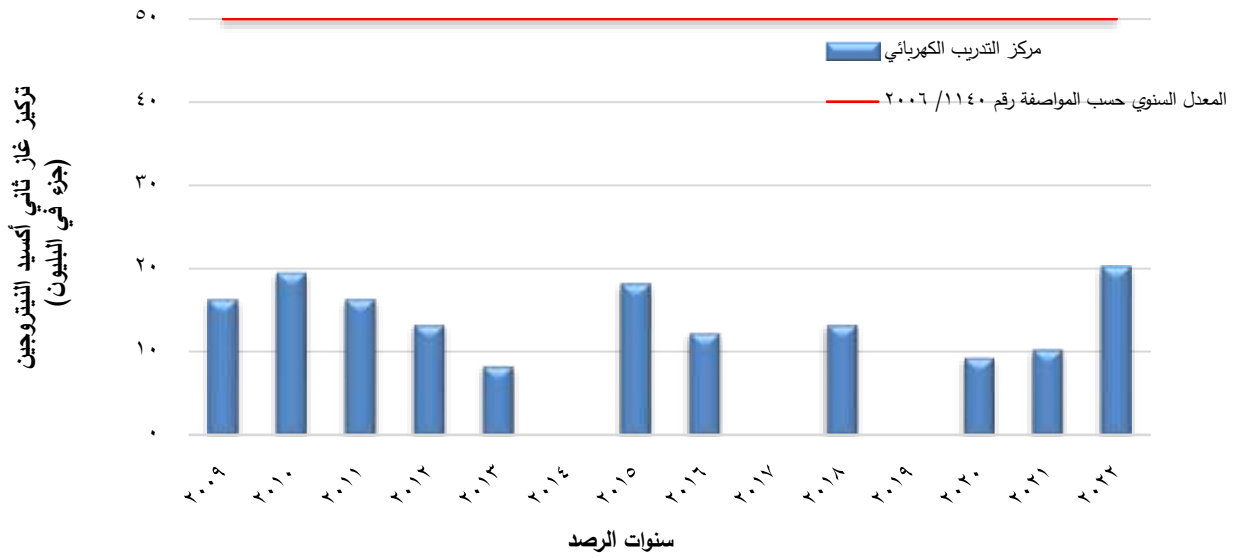
تبين المعدلات السنوية لغاز كبريتيد الهيدروجين والتي تظهر في الشكل (٥-٢) حدوث ارتفاع طفيف في المعدل السنوي لسنة الدراسة الحالية (خلال عام ٢٠٢٢) عن الدراسة السابقة (خلال عام ٢٠٢١) في موقعي الرصد في مدرسة أمينة الغفارية وحديقة الهاشمية. ومن الجدير بالذكر بأنه لم يتم رصد غاز كبريتيد الهيدروجين في موقع مدرسة أمينة الغفارية وحديقة الهاشمية خلال عام ٢٠١٩ بسبب إعادة تأهيل مواقع الرصد.



الشكل (٥-٢): مقارنة بين المعدلات السنوية لغاز كبريتيد الهيدروجين المسجلة في موقعي الرصد خلال سنوات الرصد (٢٠٠٩ - ٢٠٢٢)

٥-٣ أكاسيد النيتروجين (NO, NO_2 & NOx)

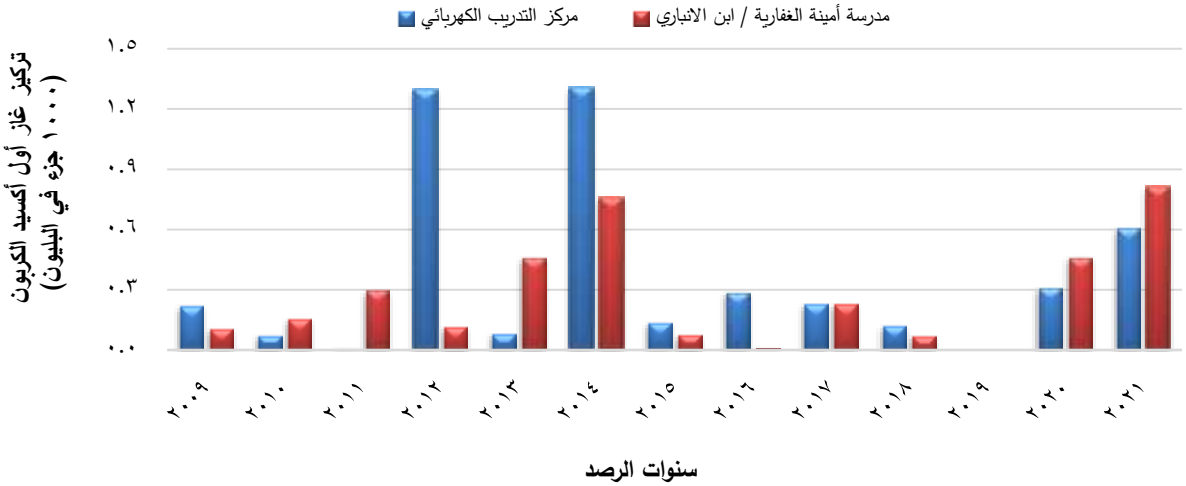
يظهر الشكل (٥-٣) مقارنة لنتائج الدراسة الحالية مع نتائج الدراسات السابقة فيما يخص تركيز غاز ثاني أكسيد النيتروجين والتي تظهر إرتفاعاً لتركيز هذا الغاز في موقع الرصد في مركز التدريب الكهربائي لسنة الدراسة الحالية مقارنةً بفترة الدراسة السابقة (خلال عام ٢٠٢١) إلا انه بقي ضمن الحد السنوي المنصوص عليه في القاعدة الفنية الاردنية رقم(٢٠٠٦/١١٤٠). ومن الجدير بالذكر بأنه لم يتم رصد غازات أكاسيد النيتروجين في موقع مركز التدريب الكهربائي خلال الأعوام ٢٠١٤ و٢٠١٧ و٢٠١٩ بسبب عطل فني في الجهاز.



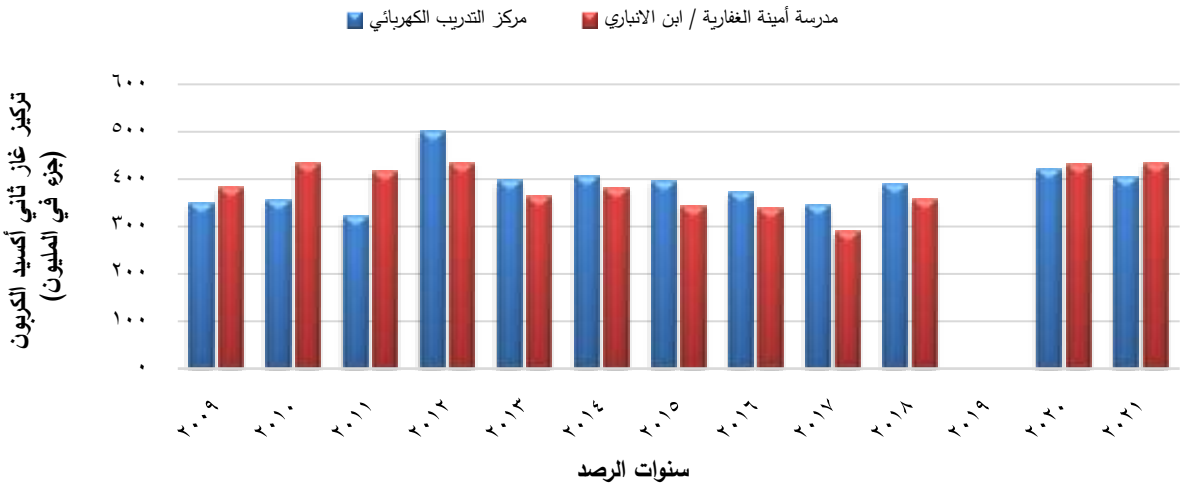
الشكل (٥-٣): مقارنة بين المعدلات السنوية لغاز ثاني أكسيد النيتروجين المسجلة في موقع مركز التدريب الكهربائي خلال سنوات الرصد (٢٠٠٩ - ٢٠٢٢)

٥-٤ أكاسيد الكربون (CO & CO_2)

توضح الاشكال ((٤-٤) و (٤-٥)) أدناه المعدلات السنوية لغازات أكاسيد الكربون في موقعي الرصد في مركز التدريب الكهربائي ومدرسة أمينة الغفارية، حيث تبين النتائج ارتفاع المعدل السنوي لغاز أول اكسيد الكربون في موقع مركز التدريب الكهربائي، وانخفاضه في موقع مدرسة أمينة الغفارية لفترة الدراسة الحالية مقارنةً بفترة الرصد السابقة (٢٠٢١)، ويبين أيضًا ثبات المعدل السنوي نسبياً لفترة الدراسة الحالية مقارنةً بفترة الرصد السابقة (٢٠٢١) لغاز ثاني أكسيد الكربون في كلا الموقعين. ومن الجدير بالذكر بأنه لم يتم رصد غاز أول أكسيد الكربون وثاني أكسيد الكربون في موقع مركز التدريب الكهربائي ومدرسة أمينة الغفارية خلال عام ٢٠١٩ بسبب إعادة تأهيل موقع الرصد في مدرسة أمينة الغفارية وبسبب وجود مشكلة فنية في جهاز الرصد في مركز التدريب الكهربائي.



الشكل (٥-٤): مقارنة بين المعدلات السنوية لغاز أول أكسيد الكربون المسجلة في موقعي الرصد خلال سنوات الرصد (٢٠٠٩ - ٢٠٢٢)



الشكل (٥-٥): مقارنة بين المعدلات السنوية لغاز ثاني أكسيد الكربون المسجلة في موقعي الرصد خلال سنوات الرصد (٢٠٠٩ - ٢٠٢٢)

٥-٥ سرعة واتجاه الرياح

يبين الجدول (٤-١) أدناه توزيع اتجاه الرياح في منطقة الهاشمية حيث يلاحظ إنخفاض نسبة الرياح الشمالية الغربية وارتفاع نسبة الرياح الغربية فيما بقيت الرياح الساكنة والرياح الشرقية متقاربة.

جدول (٥-١): مقارنة بين إتجاه الرياح السائدة في موقع مركز التدريب الكهربائي خلال سنوات الرصد (٢٠٠٩ -٢٠٢٢).

السنة	اتجاه الرياح السائدة ونسبتها
٢٠٢٢	ساكنة (٣٧,٦%) غربية (٢٥,٥%) شمالية غربية (٢٠,٩%) شرقية (٩%)
٢٠٢١	شمالية غربية (٣٩%) ساكنة (٣٦%) شرقية (١٠%) غربية (٨%)
٢٠٢٠	ساكنة (٣٨%) شمالية (١٨%) غربية (١٧%) شمالية غربية (١٥%)
٢٠١٩	ساكنة (٣٨%) شمالية غربية (٣١%) شرقية وغربية (٩%)
٢٠١٨	ساكنة (٤٦%) غربية (٢٦%) شمالية غربية (١٧%)
٢٠١٧	ساكنة (٥٢%) غربية (٢٩%) شمالية غربية (٩%)
٢٠١٦	ساكنة (٤٢%) غربية (٣٠%) شمالية غربية (١٩%)
٢٠١٥	ساكنة (٣٩%) غربية (٢٢%) شمالية غربية (٢٢%)
٢٠١٤	ساكنة (٤٧%) شمالية غربية (٢٣%) غربية (٢٢%)
٢٠١٣	ساكنة (٥٠%) غربية (٢٤%) شمالية غربية (١٧%)
٢٠١٢	ساكنة (٥٤%) غربية (٢٠%) جنوبية غربية (١٢%)
٢٠١١	ساكنة (٣١%) شمالية غربية (٢٠%) جنوبية غربية (١٢%)
٢٠١٠	ساكنة (٤٢%) شمالية غربية (١٦%) غربية (١٢%)
٢٠٠٩	ساكنة (٣٣%) شمالية غربية (٢٤%) غربية (٢١%)

جدول(٥-٢): الرياح السائدة وتوزيع سرعة واتجاه الرياح خلال أشهر الرصد في الهاشمية خلال عام ٢٠٢٢ وفترات الرصد السابقة

الشهر	اتجاه	سرعة	توزيع اتجاه الرياح (%)												توزيع سرعة الرياح (عقدة) (%)					
	الرياح السائدة	الرياح السائدة	شمالي	ش.شرقي	ش.غربي	جنوبي	ج.شرقي	ج.غربي	شرقي	غربي	ساكن	صفر إلى ٢	٢ إلى ٥	٥ إلى ١٠	١٠ إلى ١٥	١٥ إلى ٢٠	٢٠<
كانون الثاني ٢٠٢٢	ساكن	صفر إلى ٢	٠,٣	٠,٤	١٦,١	٣,٦	٠,٤	٦,٧	١٢,٤	١٤,٠	٤٦,١	٤٦,١	٢٣,٤	٢٣,٤	٦,٥	٠.٧	٠,٠
شباط ٢٠٢٢	ساكن	صفر إلى ٢	٠,٦	٠,٧	٢٤,٣	١,٣	١,٥	٥,٨	٧,٧	١٥,٦	٤٢,٤	٤٢,٤	٢٠,٨	٣٠,٢	٦,٤	٠,٢	٠,٠
آذار ٢٠٢٢	غربي	صفر إلى ٢	١,١	٠,١	١٠,٣	١,١	٠,٥	٠,٧	٧,٥	٤٠,٠	٣٨,٧	٣٨,٧	٢٥,٠	٣٣,٠	٣,٣	٠,١	٠,٠
نيسان ٢٠٢٢	ساكن	صفر إلى ٢	٥,٤	١,٣	١١,٦	٠,٦	١,٣	٠,٩	١٧,٢	٢٣,٩	٣٨,٠	٣٨,٠	٢٥,٤	٢٨,٥	٦,٩	١,٣	٠,٠
أيار ٢٠٢٢	غربي	٥ إلى ١٠	٣,٤	٠,٧	١٩,١	٠,٥	٠,٩	٠,٩	١١,٦	٣٨,٦	٢٤,٣	٢٤,٣	٢١,٢	٣٣,٦	١٨,٢	٢,٧	٠,٠
حزيران ٢٠٢٢	غربي	٥ إلى ١٠	٢,٢	٠,٧	٢٥,٤	٠,١	٠,١	٠,٣	٢,١	٤٦,٤	٢٢,٦	٢٢,٦	١٥,٧	٣٧,١	٢٠,٣	٤,٣	٠,٠
تموز ٢٠٢٢	غربي	٥ إلى ١٠	٤,٩	٠,٣	٣٦,١	٠,٠	٠,٠	٠,٠	١,٠	٤٠,١	١٧,٦	١٧,٦	١٢,٩	٣٦,١	٢٨,٦	٤,٩	٠,٠
آب ٢٠٢٢	شمالي غربي	٥ إلى ١٠	٥,٥	٠,٩	٣٥,٤	٠,٥	٠,٥	٠,١	٥,١	٢٩,٨	٢٢,٠	٢٢,٠	١٧,٥	٣٥,٨	٢٢,٦	٢,٢	٠,٠
أيلول ٢٠٢٢	شمالي غربي	٥ إلى ١٠	٩,٦	٠,٦	٣٤,٥	٠,١	٠,١	٠,٠	٣,٨	٢٧,٦	٢٣,٨	٢٣,٨	٢٠,٠	٣٩,٠	١٥,٩	١,٤	٠,٠
تشرين الأول ٢٠٢٢	ساكن	صفر إلى ٢	٣,٩	١,٦	٢٤,٩	١,٤	١,٤	٠,٣	٩,٧	١٣,٥	٤٣,٣	٤٣,٣	٢٢,٥	٢٦,٩	٦,٩	٠,٤	٠,٠
تشرين الثاني ٢٠٢٢	ساكن	صفر إلى ٢	١,٠	٠,٦	١٠,٦	٠,٧	٠,٤	١,٨	١٣,٩	١٠,٣	٦٠,٨	٦٠,٨	١٥,٨	١٩,٨	٣,٧	٠,٠	٠,٠
كانون الأول ٢٠٢٢	ساكن	صفر إلى ٢	٠,٧	١,١	٣,٢	٠,٤	٠,٣	٠,٥	١٦,٠	٦,١	٧١,٧	٧١,٧	١٦,٧	١٠,٤	١,٢	٠,٠	٠,٠
سنوي (كانون ثاني ٢٠٢٢ - كانون أول ٢٠٢٢)	ساكن	صفر إلى ٢	٣,٢	٠,٨	٢٠,٩	٠,٩	٠,٦	١,٥	٩,٠	٢٥,٥	٣٧,٧	٣٧,٧	١٩,٨	٢٩,٤	١١,٧	١,٥	٠,٠
سنوي (كانون ثاني ٢٠٢١ - كانون أول ٢٠٢١)	شمالي غربي	صفر إلى ٢	٣,٠	١,١	٣٩,٢	٠,٩	٠,٦	١,٨	٩,٨	٧,٥	٣٦,١	٣٦,١	٢٠,٥	٣٠,٣	١٢,٦	٠,٥	٠,٠
سنوي (كانون ثاني ٢٠٢٠ - كانون أول ٢٠٢٠)	ساكن	صفر إلى ٢	١٨,٢	٠,٨	١٤,٦	١,٦	٠,٣	٢,٥	٧,٧	١٦,٩	٣٧,٥	٣٧,٥	٢٠,٨	٢٨,٥	١٢,٥	٠,٦	٠,٠
سنوي (كانون ثاني ٢٠١٩ - كانون أول ٢٠١٩)	ساكن	صفر إلى ٢	٥,٨	٠,٩	٣١,١	١,٢	٠,٩	٣,٩	٩,٤	٨,٥	٣٨,٧	٣٨,٧	٢٠,٧	٣٠,٧	٩,٧	٠,٢	٠,٠
سنوي (كانون ثاني ٢٠١٨ - كانون أول ٢٠١٨)	ساكن	صفر إلى ٢	١,٧	٠,٥	١٦,٧	٠,٥	٠,٣	١,٧	٦,٢	٢٦,٣	٤٦,٠	٤٦,٠	٢٤,٦	٢٧,٣	٢,٠	٠,٠	٠,٠
سنوي (كانون ثاني ٢٠١٧ - كانون أول ٢٠١٧)	ساكن	صفر إلى ٢	٠,٨	٠,٦	٨,٦	٠,٦	١,٩	٠,٨	٣,٨	٢٧,٩	٤٨,٥	٤٨,٥	٢٠,١	٢٣,٣	١,٤	٠,٠	٠,٠
سنوي (شباط ٢٠١٦ - كانون ثاني ٢٠١٧)	ساكن	صفر إلى ٢	٠,٣	٠,٥	١٨,٤	٠,١	٦,٣	١,٦	٠,٧	٢٩,٠	٤٣,١	٤٣,١	٢١,٢	٣٢,٧	٢,٨	٠,٢	٠,٠
سنوي (شباط ٢٠١٥ - كانون ثاني ٢٠١٦)	ساكن	صفر إلى ٢	٠,٤	٢,٦	٢٠,٨	٠,٩	٥,٦	٥,٢	١,٩	٢٢,٠	٤٠,٧	٤٠,٧	١٩,٩	٣١,١	٥,٢	٢,٨	٠,٤

سنوي (كانون ثاني ٢٠١٤ - كانون أول ٢٠١٤)	ساكن	صفر إلى ٢	٠,٦	٠,٦	٢٢,٦	٠,٢	٢,٩	٤,٠	٠,٥	٢١,٥	٤٧,٢	٢٢,٤	٢٧,٧	٢,٧	٠,١	٠,٠
سنوي (كانون ثاني ٢٠١٣ - كانون أول ٢٠١٣)	ساكن	صفر إلى ٢	٠,٩	٠,٩	١٧,٣	٠,١	٣,٠	٣,٤	٠,٨	٢٣,٦	٥٠,٠	١٩,٣	٢٧,٦	٣,١	٠,١	٠,٠
سنوي (كانون ثاني ٢٠١٢ - كانون أول ٢٠١٢)	ساكن	صفر إلى ٢	٠,٣	٠,٧	٨,٣	٠,٧	٣,٩	١١,٨	٠,٥	١٩,٧	٥٤,٣	٢٥,٧	١٨,٧	١,٣	٠,١	٠,٠
سنوي (كانون ثاني ٢٠١١ - كانون أول ٢٠١١)	ساكن	صفر إلى ٢	٨,٤	٥,٣	٢٠,٢	١,٨	٦,٦	١١,٧	٣,٠	١٢,٤	٣٠,٥	٢٨,٩	٢٩,٢	١٠,٦	٠,٧	٠,٠
سنوي (كانون ثاني ٢٠١٠ - كانون أول ٢٠١٠)	ساكن	صفر إلى ٢	٤,٥	٨,٧	١٦,٠	٠,٥	٥,٣	٨,٠	٣,٢	١١,٧	٤٢,١	٢٣,٩	٢٧,٩	٥,٤	٠,٤	٠,٤
سنوي (كانون ثاني ٢٠٠٩ - كانون أول ٢٠٠٩)	ساكن	صفر إلى ٢	١,٨	٠,١	٢٤,١	٣,٩	٨,٢	٤,٨	٢,٢	٢١,٤	٣٣,٤	٢٠,٨	٢٨,١	١٦,٢	١,٥	٠,١

٦. التوصيــات

تؤكد نتائج الدراسة الحالية على ضرورة تطبيق التوصيات التالية:

- يوصى بتوسيع دائرة الرصد من حيث عدد الملوثات المرصودة بحيث تشمل الجسيمات الدقيقة ($PM_{2.5}$) والكربون الاسود والأوزون.

- عمل قياسات لتركيز الملوثات المنبعثة من المصادر الثابتة التابعة للمصفاة وشركة الزرقاء لتوليد الكهرباء ومحطة السمرا لتوليد الكهرباء وشركات الحديد ومقارنتها بالحدود القصوى المنصوص عليها في القاعدة الفنية الأردنية لنوعية الهواء من المصادر الثابتة رقم (٢٠٠٦/١١٨٩).

- يوصى باستخدام النمذجة الرياضية لانتشار الملوثات من المصادر الثابتة التابعة للمصانع القائمة والتي لم يطلب منها دراسة تقييم أثر بيئي لقدمها وذلك لتقييم تأثيرها على نوعية الهواء المحيط والعمل على التحكم بنوعية الهواء المنبعث من نشاطاتها المختلفة. وكذلك لإعادة تحديد مواقع الرصد بحيث تكون ممثلة ومتلائمة مع النقاط المتوقع تسجيل التراكيز الأعلى للملوثات الغازية عندها.

- نظراً لوجود مصادر ثابتة رئيسة في منطقة الهاشمية فإنه يوصى بإلزام هذه الشركات بعمل دراسة تدقيق بيئي يتم من خلالها قياس تراكيز الملوثات الغازية المنبعثة من المصادر الثابتة التابعة لها وتقييم مدى تأثيرها على نوعية الهواء المحيط واعداد خطة ادارة بيئية لكل شركة من هذه الشركات من شأنها الحد أو التخفيف من تلوث الهواء في منطقة الهاشمية. وتشمل هذه الشركات مصفاة البترول الأردنية وكافة المنشآت التابعة لها في الهاشمية وشركات الحديد.

- يوصى بدراسة الآثار المحتملة لملوثات الهواء على الصحة العامة لسكان منطقة الهاشمية وكذلك العمل على مؤشر وطني لنوعية الهواء (National Air Quality Index) يتم حسابه بناءً على المواصفات الوطنية وعلاقتها بالصحة العامة.

- زيادة المساحة الجغرافية المشمولة بالرصد بحيث تشمل المناطق المأهولة والقريبة من النشاطات الصناعية الأخرى مثل مصانع الحديد وصهر المعادن.

- استمرارية الرصد في موقع مدرسة أمينة الغفارية أو موقع قريب منها حيث أنها من أنسب المواقع التي يجب استمرار الرصد فيها، لانها تقع تحت تأثير الرياح التي تنقل الانبعاثات من مصفاة البترول لمنطقة الهاشمية.

- تجدر الإشارة إلى أن المصفاة تعمل على زيادة سعتها الإنتاجية من خلال مشروع التوسعة الرابع ويجب أن يؤخذ بعين الاعتبار الانبعاثات التي ستنتج من هذه التوسعة في المستقبل على برنامج الرصد.

ملحــق (١)

برامج الصيانة الدورية والمعايرة

لأجهزة القياس المستخدمة

Table 1: The schedule of the preventive maintenance of sulfur dioxide/hydrogen sulfide analyzer

Equipment	PM	Frequency
SO_2 Analyzer Model AF22M	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
SO_2 / H_2S Analyzer Model 450i	Inspect the sample filter and replace if necessary	Biweekly
	Conduct inspection for obvious visible defects	Monthly
	Clean the outside case using a damp cloth	Monthly
	Check of electrical parameters (flow rate, chamber pressure and lamp voltage)	Monthly
	Clean the inside of the instrument	Semi annual
	Check the flow rate and as necessary: Apply leak test (block the sample bulkhead and check the values of the flow rate and pressure) and accordingly check to see that all fittings are tight and that none of the input lines are cracked or broken	When the instrument performance indicates that there may be a flow problem or when the analyzer response is weak to the span gas.
	Inspect, clean and recondition the fan filter	Semi-annual
	Check the capillary and the O-ring of the capillary holder and replace any if necessary	When the instrument performance indicates that there may be a flow problem or gives high pressure value.
	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.
	Check the lamp voltage and either adjust the lamp voltage control circuit or replace the lamp as necessary	When the lamp voltage is not within 500 V and 1200 V

Equipment	PM	Frequency
SO_2 Analyzer and SO_2/H_2S Analyzer model APSA 370	Replace the sample filter element	Bi-weekly
	Replace the O-rings	Annual
	Replace the pump valves and diaphragms	Annual
	Replace the air filter	Annual
	Replace (if required) the Xenon lamp	Annual
	Replace the aromatic hydrocarbon cutter	Annual
	Replace the scrubber	Annual
	Replacement of the SOx scrubber unit, glass filled tube[1]	Annual

[1] For SO_2/H_2S analyzer only.

Equipment	PM	Frequency
	Replace the pump	Biennial or when required
	Change the battery	Every 3 years or when BATT alarm occurs

Table 2: Preventive Maintenance Schedule for NOx Analyzer (model APNA)

Equipment	PM	Frequency
NOx 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	Biennial 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 carbon monoxide/carbon dioxide (CO/CO_2) analyzer

Equipment	PM	Frequency
CO/CO_2 Analyzer CO12e	Replacement of sample inlet filter	2-4 weeks
	Checking on electrical parameters	Biweekly
	KNF pump maintenance	Annually
	Replacement (if required) of the source	Annually
	Replacement of multi passages mirrors	5 years
	Replacement of the motor	5 years

Table 4: The schedule and type of calibration.

Equipment name	Calibration type
Nitrogen oxides analyzer Sulfur dioxide/ Hydrogen sulfide analyzer Carbon monoxide/ Carbon dioxide analyzer	Check of zero point This operation consists of comparing the monitor response for zero. Frequency: monthly
	1-point calibration This is a procedure for checking and correcting the response (if requried) of the monitor at a span point. Frequency: monthly

Weather station	Verification only on the wind direction This procedure is conducted manually by directing the sensor to a specific direction, comparing the results that appeared on the screen with the actual direction and adjusting the wind direction sensor offset if needed. Frequency: annually

ملحــق (٢)

قيم الارتياب لأعلى المعدلات الساعية واليومية

ونسب المطابقة للمواصفة الاردنية المُسجلة في كل

موقع للملوثات الغازية

تم حساب قيمة الإرتياب 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
مركز التدريب الكهربائي	غاز ثاني أكسيد الكبريت	جزء في البليون	٤٥٩	٩
	غاز أول أكسيد الكربون	جزء في البليون	٣٠٤٠	٢٦٦
	غاز ثاني أكسيد النيتروجين	جزء في البليون	١٣٤	٢٤
مدرسة أمينة الغفارية	غاز ثاني أكسيد الكبريت	جزء في البليون	٢٤٨	١١
	غاز كبريتيد الهيدروجين	جزء في البليون	٣٨	٤
	غاز أول أكسيد الكربون	جزء في البليون	٢٧٩٦	٢٧٠
حديقة الهاشمية	غاز ثاني أكسيد الكبريت	جزء في البليون	٣٧	٧
	غاز كبريتيد الهيدروجين	جزء في البليون	١٣	٦

الموقع	الملوث	وحدة القياس	أعلى معدل يومي	قيمة الارتياب
مركز التدريب الكهربائي	غاز ثاني أكسيد الكبريت	جزء في البليون	١٤١	٧
	غاز أول أكسيد الكربون	جزء في البليون	*١٩٦٦	٢٦٤
	غاز ثاني أكسيد النيتروجين	جزء في البليون	٦٦	١٤
	غاز ثاني أكسيد الكربون	جزء في المليون	٤٤٥	١٥
مدرسة أمينة الغفارية	غاز ثاني أكسيد الكبريت	جزء في البليون	٧٠	٤
	غاز كبريتيد الهيدروجين	جزء في البليون	١٢	٣
	غاز أول أكسيد الكربون	جزء في البليون	*٢٦٤٣	٢٦٩
	غاز ثاني أكسيد الكربون	جزء في المليون	٤٧٣	١١
حديقة الهاشمية	غاز ثاني أكسيد الكبريت	جزء في البليون	١١	٦
	غاز كبريتيد الهيدروجين	جزء في البليون	٧	٦

* أعلى معدل ٨ – ساعات

- درجة اللايقين (uncertainty) لأعلى معدل ساعي (٢٤ جزء في البليون) وأعلى معدل يومي (٧ جزء في البليون) لغاز كبريتيد الهيدروجين هي ٧ جزء في البليون للمعدل الساعي و ٤ جزء في البليون للمعدل اليومي في فترة الثقة ٩٥% لفترة الرصد (٣٠ /١٠ /٢٠٢٢ – ٣٠ /١١ /٢٠٢٢) في موقع مدرسة أمينة الغفارية.
- درجة اللايقين (uncertainty) لأعلى معدل ساعي (١٠٧ جزء في البليون) وأعلى معدل يومي (٢٢ جزء في البليون) لغاز ثاني أكسيد الكبريت هي ٣٣ جزء في البليون للمعدل الساعي و ٧ جزء في البليون للمعدل اليومي في فترة الثقة ٩٥% لفترة الرصد (٣٠ /١٠ /٢٠٢٢ – ٣٠ /١١ /٢٠٢٢) في موقع مدرسة أمينة الغفارية.

الملوثات	مواقع الرصد	عدد التجاوزات للمعدلات الساعية لحد المواصفة	نسبة التجاوز للمعدلات الساعية لحد المواصفة	نسبة المطابقة للمعدلات الساعية لحد المواصفة	عدد التجاوزات للمعدلات اليومية لحد المواصفة	نسبة التجاوز للمعدلات اليومية لحد المواصفة	نسبة المطابقة للمعدلات اليومية لحد المواصفة
ثاني أكسيد الكبريت	مركز التدريب الكهربائي	٨	%٠,١٠٤	%٩٩,٨٩٦	١	%٠,٣١٨	%٩٩,٦٨٢
	مدرسة أمينة الغفارية	صفر	%٠	%١٠٠	صفر	%٠	%١٠٠
	حديقة الهاشمية	صفر	%٠	%١٠٠	صفر	%٠	%١٠٠
كبريتيد الهيدرجين	مدرسة أمينة الغفارية	١	%٠,٠١٢	%٩٩,٩٨٨	١	%٠,٢٩٣	%٩٩,٧٠٧
	حديقة الهاشمية	صفر	%٠	%١٠٠	صفر	%٠	%١٠٠
ثاني أكسيد النيتروجين	مركز التدريب الكهربائي	صفر	%٠	%١٠٠	صفر	%٠	%١٠٠
أول أكسيد الكربون	مركز التدريب الكهربائي	صفر	%٠	%١٠٠	صفر*	*%٠	%١٠٠
	مدرسة أمينة الغفارية	صفر	%٠	%١٠٠	صفر*	*%٠	%١٠٠

*لحد ٨-ساعات

- نسبة التجاوز للمعدلات الساعية = عدد التجاوزات للمعدلات الساعية لحد المواصفة خلال السنة / عدد ساعات الرصد خلال السنة.
- نسبة التجاوز لمعدلات الـ ٨ ساعات = عدد التجاوزات لمعدلات الـ ٨ ساعات لحد المواصفة خلال السنة / عدد أيام الرصد خلال السنة.
- نسبة التجاوز للمعدلات اليومية = عدد التجاوزات للمعدلات اليومية لحد المواصفة خلال السنة / عدد أيام الرصد خلال السنة.
- نسبة المطابقة = ١٠٠ - نسبة التجاوز