ISSN: 1817-6798 (Print)
Journal of Tikrit University for Humanities
available online at: www.jtuh.org/

Monitoring and controlling air pollution in Salah al-Din Governorate using Sentinel-5 . satellite data

Raed Abdel Halim Abdel Qader

College of Education for Human Sciences/
Department of Geography

* *Corresponding author: E-mail* :
ma.raedabed@tu.edu.iq

***Keywords*:**
air pollution,
COVID-19,
NASA,
ESA,
Sentinel-5

A R T I C L E I N F O

Article history:
Received 4 Jan. 2021
Accepted 17 Feb 2022
Available online 20 Oct 2022
E-mail t-jtuh@tu.edu.iq

©2022 College of Education for Humanities, TIKRIT UNIVERSITY. THIS IS AN OPEN ACCESS ARTICLE UNDER THE CC BY LICENSE

http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/

A B S T R A C T

There are many causes of air pollution that negatively affect human life and health, and harmful gases such as nitrogen dioxide, sulfur dioxide, and carbon monoxide, in addition to small particles, are the most common of these pollutants, as they lead to many risks to human health. The world, and especially its spread in Iraq, has a positive, albeit temporary, impact on the environment, as it is able to do what the climate agreement cannot reduce the rate of greenhouse gas emissions.

Through the Sentinel-5 satellite data, a significant decrease in the percentage of pollutants was observed in the governorate during the Covid-19 pandemic. The fifth month to the seventh month of 2020, and the second stage is the partial urbanization stage of roaming within the same period, and the third stage represents the stage of removing the total urbanization of roaming from the region, as the year 2022 was relied on, the sixth month, and the study showed a decrease in the concentration of pollutants represented by (second Carbon oxide and other greenhouse gases) in the governorate, and the reason for this is due to the set of measures that have been applied in Iraq in general and Salah al-Din Governorate in particular, represented by quarantine, social distancing, limiting travel and movement of individuals and social and commercial activities.

© 2022 JTUH, College of Education for Human Sciences, Tikrit University

DOI: http://dx.doi.org/10.25130/jtuh.29.10.1.2022.06

Journal of Tikrit University for Humanities Journal of Tikrit University for Humanities Journal of Tikrit University for Humanities Journal of Tikrit University for Humanities

رصد ومراقبة تلوث الهواء في محافظة صلاح الدين باستخدام بيانات القمر الصناعي Sentinel-5

م.د.رائد عبد الحليم عبد القادر/جامعة تكريت/كلية التربية للعلوم الإنسانية

الخلاصة:

تكثُر أسباب تلوث الهواء التي تؤثر سلباً على حياة الإنسان وصحته، وتُعدّ الغازات الضارة كثاني أكسيد

النيتروجين، وثاني أكسيد الكبريت، وأول أكسيد الكربون، إضافة إلى الجزيئات الصغيرة أكثر هذه الملوثات شيوعاً، اذ تؤدي إلى مخاطر عديدة على صحة الانسان، كان لانتشار فيروس كورونا حول العالم، وخاصة انتشاره في العراق ، تأثير إيجابي على البيئة ، وإن كان مؤقتًا ، حيث إنه قادر على فعل ما لا يمكن لاتفاق المناخ أن يحققه اذ قلل من معدل انبعاثات غازات الاحتباس الحراري.

ومن خلال بيانات القمر الصناعي **Sentinel-5** فقد لوحظ انخفاض كبير في نسبة الملوثات في المحافظة خلال جائحة كوفيد-١٩ ، وتم دراسة حالة الجو في المحافظة ونسبة انتشار الملوثات خلال الجائحة على مراحل تمثل المرحلة الاول مرحلة الحضر الكلي للتجوال التي شهدتها منطقة الدراسة من الشهر الخامس الى الشهر السابع من عام ٢٠٢٠، والمرحلة الثانية مرحلة الحضر الجزئي للتجوال ضمن الفترة نفسها، أما المرحلة الثالثة تمثل مرحلة رفع الحضر الكلي للتجوال عن المنطقة، إذ تم الاعتماد على سنة ٢٠٢٢ شهر السادس، وقد اظهرت الدراسة انخفاض تركيز الملوثات المتمثلة بـ(ثاني أكسيد الكربون والغازات الدفيئة الأخرى) في المحافظة، ويرجع سبب ذلك إلى مجموعة الاجراءات التي تم تطبيقها في العراق بشكل عام ومحافظة صلاح الدين بشكل خاص، المتمثلة بالحجر الصحي والتباعد الاجتماعي و الحد من السفر وتنقل الأفراد والنشاطات الاجتماعية والتجارية.

الكلمات المفتاحية: تلوث الهواء ، فيروس كورونا COVID-19 ، ناسا ESA، Sentinel-5

المقدمة:

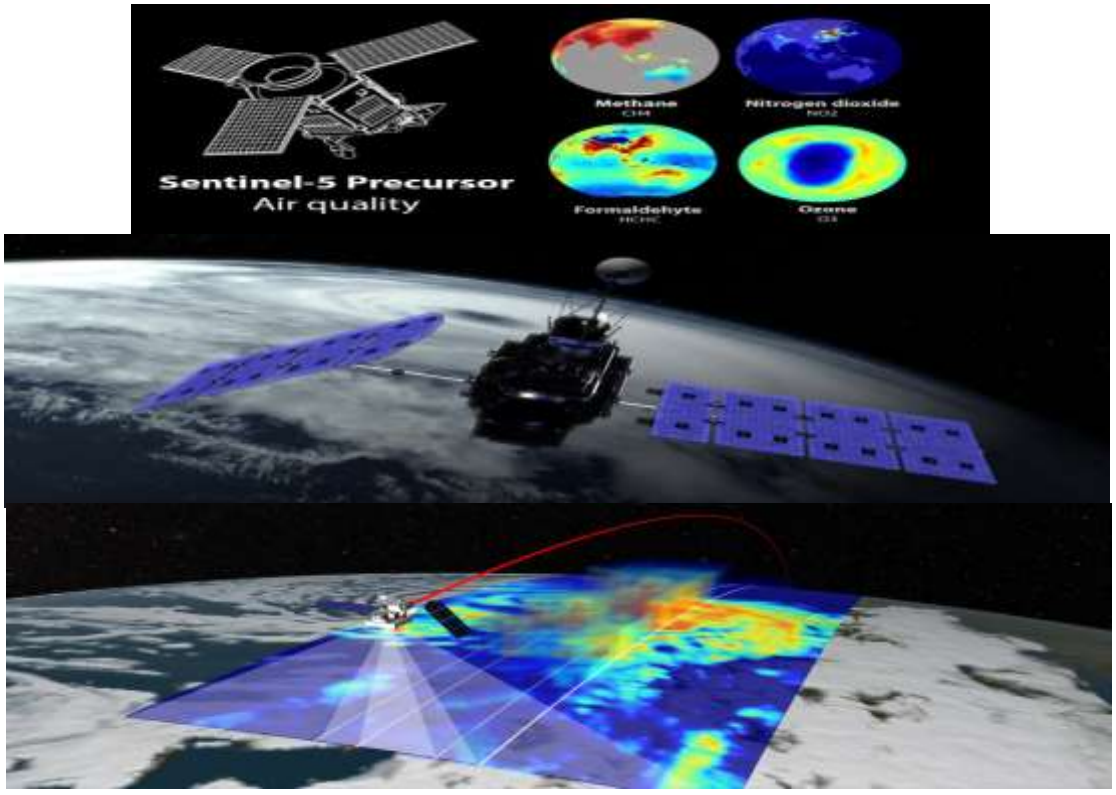
تعد مشكلة التلوث البيئي من أهم المخاطر التي تهدد التوازن الطبيعي من جراء فعاليات الإنسان وخاصة في البلدان النامية التي شهدت تطوراً في النشاط الصناعي في السنوات الأخيرة حيث كانت البيئة قادرة على استيعاب الملوثات، أما في الوقت الحاضر فمع تفاقم مشكلة التلوث وزيادة تركيز الملوثات ومع مرور الوقت أصبحت غير قادرة على تبديل تلك الملوثات والتخلص منها مما زاد حدة التلوث[١].

ويمكن تعريف تلوث الهواء بأنه تحميل الهواء بمواد صلبة أو سائلة أو غازية أو إشعاعية، أو تغير واضح في نسب الغازات المكونة للهواء، ويؤدي إلى إحداث أضرار مباشرة أو غير مباشرة بالكائنات الحية أو بالمكونات غير الحية للنظم البيئية الموجودة، أو يعني وجود مختلف الغازات والعناصر التي تزيد كثافتها ومعدلاتها عن المعدلات الطبيعية وبالتالي تصبح لها تأثيرات ضارة على الكائنات الحية.[٢]

إذن فتلوث الهواء هو خلل في النظام الايكولوجي الهوائي نتيجة لاختلاف مكونات الهواء من العناصر الغازية أو الصلبة مما يؤدي إلى حدوث تغير كبير في خصائص أو نسب مكونات الهواء، فتتحول الكثير منها من عناصر مفيدة وصالحة للحياة إلى عناصر ضارة (ملوثة) تعكس تأثيراتها على الكائنات الحية وفي مقدمتها الإنسان.[٣]

تم في هذه الدراسة مراقبة تراكيز الغازات الملوثة للهواء في المحافظة خلال فترة جائحة كورونا COVID-19 لعام ٢٠٢٠ لفترة الحضر الكلي والجزئي مع الفترات التي لا يوجد بها حضر لعام ٢٠٢٢ ، وذلك باستخدام بيانات القمر الصناعي Sentinel-5P، وأن الهدف الرئيسي من استخدام Sentinel-5P هو إجراء قياسات الغلاف الجوي بدقة مكانية وزمانية عالية ، لمعرفة جودة الهواء، ومراقبة المناخ والتنبؤ به، إذ تم إطلاق القمر الصناعي بنجاح في ١٣ أكتوبر ٢٠١٧ من قاعدة بلسيتسك الفضائية في روسيا، ويحمل القمر الصناعي أحدث أداة تروبومي (TROPOMI) لرسم خرائط لعدد كبير من الغازات النزرة ، والتي تؤثر على الهواء الذي نتنفسه وبالتالي على صحتنا ومناخنا، [٤]، شكل (١).

شكل (١) البيانات المشتقة من القمر الصناعي Sentinel-5 P



المصدر: / https://svs.gsfc.nasa.gov/vis/

مشكلة الدراسة:

يمكن صياغة مشكلة الدراسة بالتساؤلات التالية:

١- ماهي اهم مصادر انبعاث الملوثات التي تعمل بحرق الوقود في المحافظة؟ وما هي كمية الملوثات المنبعثة عنها؟ وما هو التوزيع الجغرافي لهذه المصادر؟

٢- هل يمكن الكشف عن التباين المكاني لتراكيز ملوثات الهواء الناتجة عن حرق الوقود الاحفوري من خلال استخدام بيانات القمر الصناعي ؟

٣- ماهي الاثار التي يتركها تلوث الهواء على صحة الانسان والبيئة؟

٤- وهل هناك علاقة بين تلوث الهواء و جائحة كورونا COVID-19 ؟

فرضية الدراسة:

تمثل الفرضيات إجابات عن التساؤلات الواردة وهي كالاتي:

١- يتأثر التباين المكاني لملوثات الهواء بالخصائص الجغرافية كالمناخ و العواصف الغبارية ، وكذلك الخصائص الجغرافية البشرية كالصناعات و وسائل النقل.

٢- يمكن رصد ومراقبة الغازات الملوثة للهواء باستخدام بيانات القمر الصناعي Sentinel-5 P ؟

٣- ولان COVID-19 من الامراض التي تصيب الجهاز التنفسي ، فإنه يسمح بالافتراض وجود صلة بين تلوث الهواء ومعدل الاصابات بفيروس كورونا المستجد.

اهمية الدراسة:

تهدف الدراسة إلى ما يأتي

١- قياس تركيز ملوثات الهواء (ثاني أوكسيد الكاربون ، ثاني أكسيد النتروجين)، ومقارنة فترات الحضر الكلي والجزئي ولأيام التي لا يوجد بها حضر، لمعرفة التوزيع المكاني للملوثات .

٢- معرفة العلاقة بين COVID-19 و نسب الغازات الملوثة.

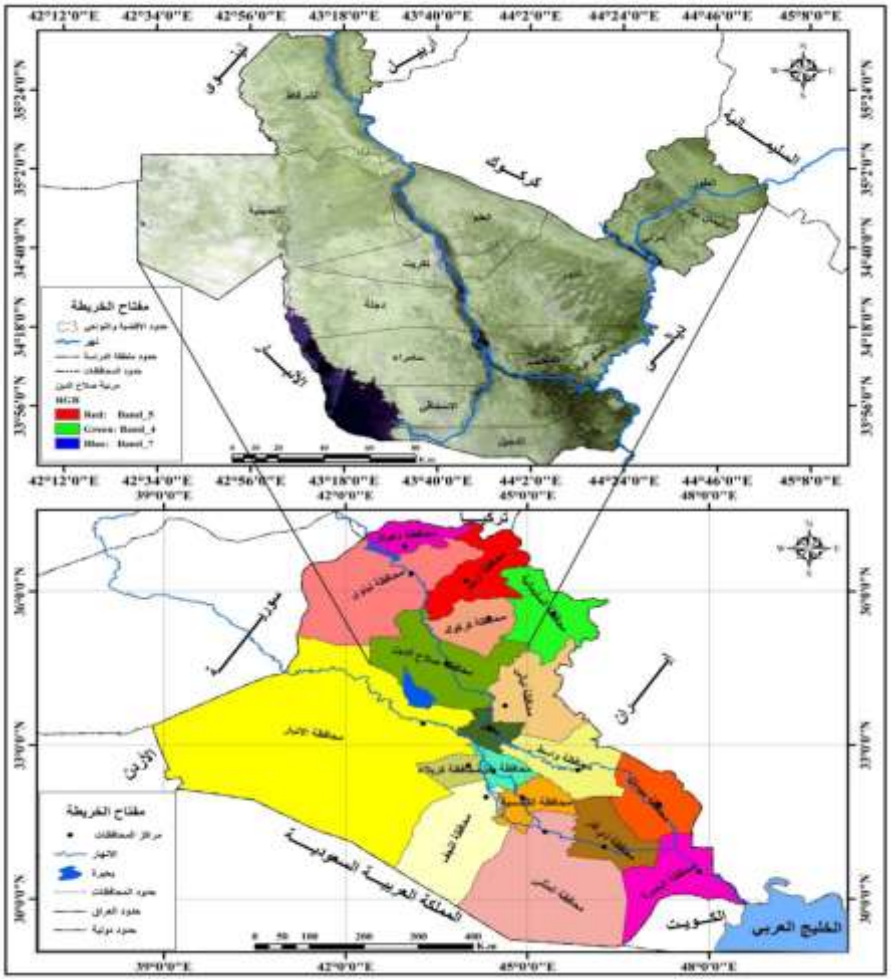
٣- دراسة العوامل الطبيعية والبشرية التي أدت الى تلوث الهواء في المحافظة.

٤- الكشف عن التأثيرات الصحية الناجمة عن تلوث الهواء.

موقع منطقة الدراسة:

تقع محافظة صلاح الدين في القسم الشمالي من العراق، بين دائرتي عرض ($21\overline{.}$ °33 – $41\overline{.}$ °35) شمالاً ، وخطي طول ($32\overline{.}$ °42 – $59\overline{.}$ °44) شرقاً، تحدها من الشمال محافظة نينوى ومحافظة اربيل ، ومن جهة الجنوب محافظة بغداد، أما من جهتي الشرق والغرب ، محافظة ديالى ومحافظة السليمانية ومحافظة كركوك شرقاً ، ومحافظة الانبار غرباً، كما في خريطة (١). وتتكون منطقة الدراسة من (١١) قضاء، تشغل مساحة تقدر بـ (٢٤.٣٥٨)كم٢ أي ما يعادل (٩.٧٤٣.٢٠٠)دونم، وتشكل (٥.٥ %) من مساحة القطر.

خريطة (١) موقع منطقة الدراسة من العراق



المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على: جمهورية العراق، الهيئة العامة للمساحة، خريطة العراق الإدارية بمقياس١/٥٠٠٠٠٠، محافظة صلاح الدين، ومخرجات برنامج نظم المعلومات الجغرافية ARC GIS.10.8 .

المحور الأول: المصادر المؤثرة في تركز وتشتت ملوثات الهواء في المحافظة

أولاً: المصادر الطبيعية:

تساهم المصادر الطبيعية في تلوث الهواء وتعد من المصادر التي لا تدخل للأنسان بها واشمل مصادر تلوث الهواء الطبيعية.

١- الخصائص المناخية:

للخصائص المناخية دور بارز كعامل طبيعي في التأثير على توزيع الملوثات ومستويات تراكيزها، فالحالة الجوية السائدة تحدد كثافة الملوثات في الهواء ، وتعد الحرارة ، واتجاه الرياح وسرعتها من أهم العناصر المؤثرة في الهواء، ومن أهم العناصر الاتي:

أ- الاشعاع الشمسي ودرجات الحرارة: إن ارتفاع الاشعاع الشمسي ودرجة الحرارة في النهار وما يصاحبها من تسخين للمواد القريبة من السطح ، يؤدي إلى حدوث حركات هوائية تعمل على رفع المكونات شاقولياً إلى أكبر مدى ممكن وعلى العكس في إثناء الليل التي تنشط فيها التيارات الهوائية الهابطة نتيجة لانخفاض درجة

حرارة سطح الأرض والهواء القريب منه مما يؤدي إلى رفع نسبة الملوثات بالقرب من سطح الأرض[٥]، كما توجد علاقة وثيقة بين درجات الحرارة وزاوية سقوط الإشعاع الشمسي فكلما زادت زاوية سقوط الإشعاع الشمسي ارتفعت درجات الحرارة أي هناك علاقة طردية، اذ نلاحظ في فصل الصيف عندما تكون الأشعة الشمسية شبه عمودية في شهري (تموز وآب) تسجل أعلى معدلات الحرارة خلال السنة حيث بلغت (٣٠.٦٩ ، ٣١.٣٤)مْ في محطة بيجي، و (٣٣.٨٣ ، ٣٢.٦٧)مْ في محطة طوز خورماتو، و(٣٣.٢٨ ، ٣٢.٨٨)مْ في محطة تكريت ، وبلغت في محطة سامراء حوالي (٣٢.٩٨ ، ٣٢.٣٩)مْ، أما في فصل الشتاء تبدأ درجات الحرارة بالانخفاض التدريجي من فصل الخريف إلى أن تصل شهر كانون الثاني حيث تسجل أدنى معدل لدرجة الحرارة في المحطات (٨.٧٩ ، ٨.٨٥ ، ٨.٤ ، ٨.٧٤)مْ على التوالي كما في جدول (١) و يشهد هذا الشهر قلة عدد ساعات النهار الفعلي التي بلغت (٨)ساعات، فضلا عن زاوية سقوط الاشعاع الشمسي التي تكون مائلة مما يساعد على تقليل درجات الحرارة.

يتبين مما سبق أن معدلات درجات الحرارة تكون مرتفعة في فصل الصيف وتقل في فصل الشتاء نتيجة لما يصل من كمية الإشعاع الشمسي وزاوية سقوط الأشعة وطول ساعات النهار، وان ارتفاع درجة الحرارة في النهار، يؤدي إلى ارتفاع حرارة السطح مما يسبب تيارات هوائية صاعدة تصل على إثارة الغبار ونشر الملوثات اما في الليل تقل درجات الحرارة ويبرد سطح الأرض والهواء القريب من السطح الأرض وتؤدي التيارات الهوائية الهابطة إلى ركود الهواء المحمل بالملوثات مما يؤدي إلى زيادة تراكيز الملوثات في الهواء.

ب- سرعة الرياح واتجاهاتها: إن لاتجاه الرياح وسرعتها أهمية كبيرة في نشر وتوزيع ملوثات الهواء حيث أن المناطق التي تقع في مهب الرياح تتأثر بالملوثات، كما إن الملوثات تنتقل مع اتجاه الرياح السائدة في المنطقة التي تنبعث منها الملوثات، أما سرعة الرياح فلها علاقة عكسية أي كلما زادت سرعة الرياح في المناطق الملوثة قل تركيز ملوثات الهواء فيها، وذلك بسبب تشتيت الملوثات وانتشارها، ولكن في نفس الوقت كلما زادت سرعة الرياح تعمل على إثارة الغبار[٦]، ويتضح من خلال الجدول (١) أن سرعة الرياح في فصل الشتاء تسجل أقل سرعة خاصة في شهر كانون الأول حيث بلغت سرعتها في محطة بيجي وطوز خروماتو وتكريت وسامراء نحو (١.٠٤ ، ١.١٦ ، ٢.١٤ ، ١.٤٧)م/ثا ، أما في فصل الصيف الحار حيث وصلت سرعة الرياح في شهر تموز في محطات منطقة الدراسة نحو (٢.٦٢ ، ١.٨٥، ٣.٥٥، ٢.٨٦)م/ثا على التوالي ، بينما المعدل السنوي بلغ (١.٦٨ ، ١.٥٧ ، ٢.٧١ ، ٢.٢٣) م/ثا على التوالي، إن زيادة سرعة الرياح في شهر تموز، ذلك بسبب شدة المنحدر الضغطي نحو مركز المنخفض الهندي الموسمي.

ج- الرطوبة النسبية: إن أهمية تأثير الرطوبة النسبية تظهر من خلال عدم تراكم الملوثات في الهواء، إذ يعمل بخار الماء في الجو على تخليصه من نسبة كبيرة مما يعلق فيه، لذا فإن كميات كبيرة من الدقائق العالقة في الجو تتناسب عكسياً مع الرطوبة النسبية، إذ عند زيادة الرطوبة في فصل الشتاء فإن تراكيز الدقائق العالقة تقل، بينما تنعكس الحالة في فصل الصيف حيث تزداد تراكيز الدقائق العالقة بسبب نقصان الرطوبة[٧].

وتؤثر على الرطوبة النسبية عدة عناصر في مقدمتها درجة الحرارة، وسرعة الرياح، اذ نلاحظ أن الرطوبة النسبية في أدنى مستوياتها في فصل الصيف كما في الجدول (١)، وذلك بسبب ارتفاع درجة الحرارة إذ يبلغ معدل الرطوبة في شهري حزيران و تموز (٩%) في محطتي بيجي وتكريت، و(١٠%) في محطة طوز خورماتو وسامراء، بينما ترتفع في فصل الشتاء اذ يصل معدلها في شهر كانون الثاني إلى أعلى مستوياتها إذ يبلغ (١٣%)في محطة طوز خورماتو وبيجي وسامراء بينما بلغت في محطة تكريت (١٤%)، ويرجع سبب ذلك إلى انخفاض معدلات درجات الحرارة في شهر كانون الثاني، فضلاً عن هبوب الرياح الجنوبية، والجنوبية الشرقية المارة على المسطحات المائية المجاورة.

جدول (١) الخصائص المناخية في محطات منطقة الدراسة

محطة بيجي					محطة طوز خورماتو				
الأشهر	الاشعاع الشمسي		درجة الحرارة (مْ)	سرعة الرياح م/ثا	الرطوبة النسبية%	الاشعاع الشمسي		درجة الحرارة (مْ)	سرعة الرياح م/ثا	الرطوبة النسبية%
	لاشعاع الفعلي ساعة/يوم	لاشعاع النظري ساعة/يو				لاشعاع الفعلي ساعة/يوم	شعاع النظري ساعة/يو			
كانون الاول	5.1	9.7	9.86	1.04	64.09	5.3	7.9	10.15	1.16	59.81
كانون الثاني	5.5	10.5	8.79	1.16	67.12	4.5	10	8.85	1.32	64.22
شباط	6.8	10.5	10.71	1.43	59.68	6.4	10.5	10.56	1.61	58.97
أذار	7.5	12.3	14.56	1.7	53.82	7.6	12.3	13.89	1.67	52.94
نيسان	7.9	14	19.21	2.05	43.26	8.4	13	19.45	1.89	45.24
مايس	9.6	14.3	24.31	2.01	32.79	9.6	14	26.36	1.89	31.29
حزايران	11.4	12.3	28.34	2.51	24.24	11.8	14.3	31.39	1.85	23.72
تموز	11.4	12.2	30.69	2.62	22.79	11.6	14.2	33.83	1.85	22.18
اب	11	13.3	31.34	2.07	24.35	11.5	13.3	32.67	1.66	22.38
أيلول	10.1	12.3	28.04	1.48	29.71	10.5	12.3	28.42	1.35	25.38
تشرين الاول	8.1	11.3	22.17	1.09	40.27	8.3	11.3	22.94	1.37	34.66
تشرين الثاني	6.9	11.2	14.68	0.96	54.24	6.8	11.2	15.14	1.2	51.7
محطة تكريت						محطة سامراء				
الأشهر	الاشعاع الشمسي		درجة الحرارة (مْ)	سرعة الرياح م/ثا	الرطوبة النسبية%	الاشعاع الشمسي		درجة الحرارة (مْ)	سرعة الرياح م/ثا	الرطوبة النسبية%
	لاشعاع الفعلي ساعة/يوم	لاشعاع النظري ساعة/يو				لاشعاع الفعلي ساعة/يوم	شعاع النظري ساعة/يو			
كانون الاول	4.8	9.8	9.75	2.14	59.29	5.3	9.8	9.74	1.47	66.62
كانون الثاني	5.1	10.3	8.4	2.21	65.66	5.5	10.1	8.74	1.85	71.48
شباط	6.2	10.4	10.91	2.41	57.95	6.7	11	10.8	2.05	62.1
أذار	6.8	12.3	15.3	2.73	46.61	7.2	12.4	15.04	2.33	55.96
نيسان	7.6	13	20.91	2.78	38.17	7.9	13	20.7	2.39	45.23
مايس	6.9	13.5	26.99	2.93	28.66	9.7	13.5	26.73	2.53	35.03
حزايران	10.4	14.2	31.91	3.18	21.31	11.6	14.2	31.42	3.09	29.29
تموز	10.8	14	33.28	3.55	20.28	11.5	14	32.98	2.86	26.08
اب	10.9	13.2	32.88	3.21	22.81	11.1	13.2	32.39	2.62	26.96
أيلول	9.8	12.3	28.63	2.75	26.38	9.7	12.3	28.35	2.17	30.17
تشرين الاول	7.9	11.6	22.68	2.43	34.2	8.1	11.2	22.4	1.85	40.38
تشرين الثاني	6.2	11	14.59	2.22	48.95	6.6	11	14.65	1.6	53.22

المصدر: الهيئة لعامة للأنواء الجوية العرقية والرصد الزلزالي، قسم المناخ (بيانات غير منشورة).

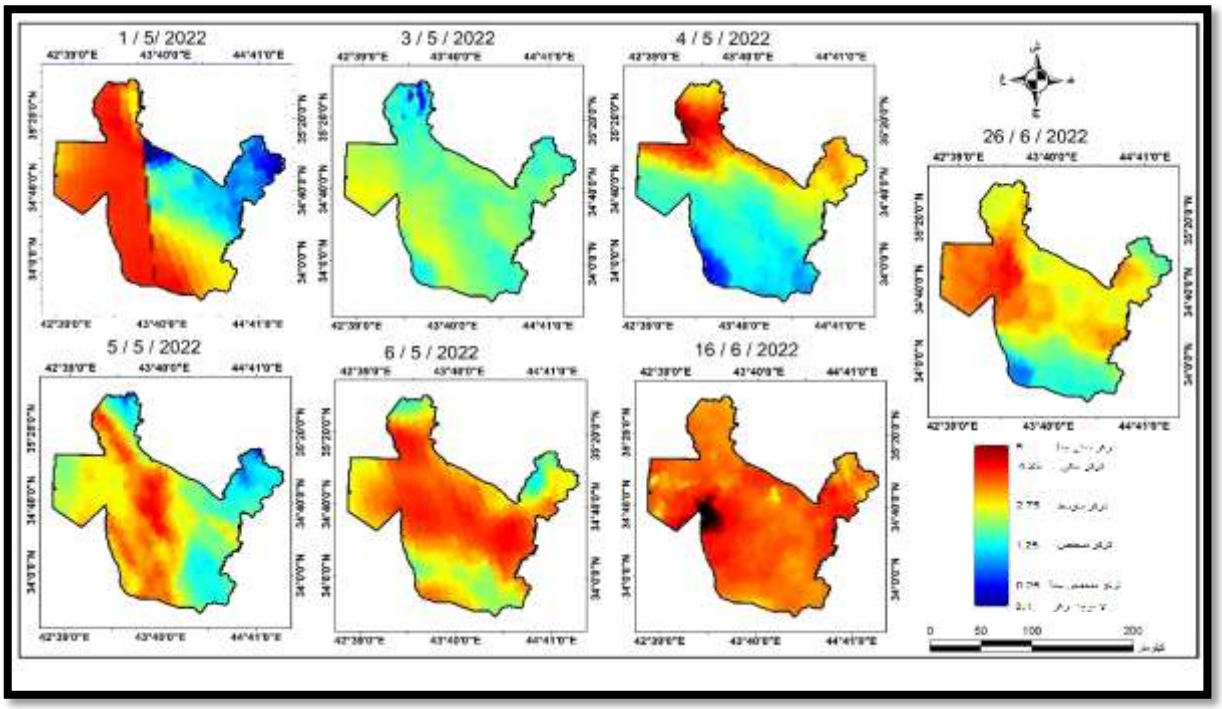
٢- العواصف الترابية:

تلعب العواصف الغبارية دوراً هاماً في تلويث البيئة بصفة عامة اذ تقوم الرياح المصاحبة لتلك العواصف، والتي تنطلق بموازاة سطح الأرض بحمل كميات هائلة من التربة الصحراوية وذلك لأنها لا تجد أمامها عائقاً يمنعها من ذلك، ولا توجد هناك نباتات تحمي هذه التربة وتؤدي إلى تماسكها وقد تحمل هذه الرياح الشديدة الرمال والأتربة إلى مسافات بعيدة جدا لتساقطها على المدن وعلى الأراضي الزراعية وقد تؤثر على ما بها من منشآت صناعية.[٨]

تحدث العواصف الغبارية عندما تتجاوز سرعة الرياح (٤.٥ م/ثا) ويتدهور مدى الرؤية خلالها إلى أقل من كيلو متر واحد مما يعني أن كمية الدقائق التي يحملها الهواء تصل إلى أكثر من (٥٦٠٠٠) مايكروغرام/المتر المكعب، إذ تتعرض منطقة الدراسة إلى أقصى تكرار للعواصف الغبارية يكون في فصل الربيع حيث بلغت (٥٨) يوماً أي ما نسبته (٤٥ %) من المجموع السنوي للعواصف الغبارية، يليها فصل الصيف بواقع (٢٦) يوماً ما نسبته (٢٨ %) من المجموع السنوي ثم فصل الشتاء فبلغ (٢١) يوماً ما نسبته (١٦ %) من المجموع السنوي وأقل تكراراً يسجل في فصل الخريف بواقع (٢٠) يوماً وما نسبته (١٢ %) من المجموع السنوي.

شهدت منطقة الدراسة زيادة ملحوظة في السنوات الأخيرة بحدوث العواصف الغبارية اذ تعرضت المنطقة الى (١٤) عاصفة غبارية خلال شهر نيسان من عام/ ٢٠٢٢ ، و(١١) عاصفة خلال شهر مايس/ ٢٠٢٢، حيث تضاعف أعداد العواصف أكثر من عشر مرات عما كانت عليها خلال السنوات السابقة وذلك بسبب قلة الأمطار والجفاف وقلة الغطاء النبات و النشاطات البشرية وما يترتب على ذلك من تأثيرات سلبية على صحة السكان والبيئة، كما في شكل (٢) وصوره (١) توضح نموذج من العواصف الغبارية التي تعرضت لها منطقة الدراسة.

شكل (٢) تراكيز الهباء الجوي المرافق للعواصف الغبارية التي تعرض لها منطقة الدراسة خلال عام ٢٠٢٢



المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على مؤشر (AI) ومرئيات فضائية للقمر الاصطناعي Sentinel-3.

صور (١) العاصفة الغبارية التي تعرضت لها منطقة الدراسة بتاريخ (٢٠٢٢/٥/١)

المصدر: التقطت الصورة بتاريخ ٢٠٢٢/٥/١.

ثانياً: العوامل البشرية المؤثرة في تلوث الهواء في منطقة الدراسة:

تساهم العوامل البشرية في تلوث الهواء في محافظة صلاح الدين بشكل رئيسي، وتعد المنشآت الصناعية ووسائط النقل المختلفة وما تنفث من عوادمها من أهم العوامل البشرية المؤثرة في زيادة تلوث الهواء، فضلاً عن النفايات التي تملأ جوانب الشوارع الرئيسية والفرعية في الأحياء السكنية للمدن في المحافظة، إضافة إلى الحروب وما نجم عنها، وهي كلاتي:

١- وسائل النقل: تتصدر السيارات المصادر الأخرى للتلوث الهوائي في المحافظة ولا سيما فيما يتعلق بالغازات، كون منطقة الدراسة لا توجد بها مصانع كبيرة ، بالإضافة إلى أن السيارات تعمل على إثارة الأتربة في الطرق المترية والتي تعد أحد عناصر التلوث الهوائي في المنطقة[٩]، يتضح من خلال الجدول (٢) وشكل (٣)، أن عدد السيارات في المحافظة في تزايد مستمر تبعاً لزيادة عدد السكان حيث بلغ العدد الإجمالي للسيارات في المحافظة لسنة ٢٠١٥ بحوالي (١٣٩,١٥٠)ألف سيارة ، وفي عام/ ٢٠١٦ وصل إلى (١٦٩,٣٠١)ألف سيارة ، ومن ثم ازداد العدد ليصل في عام/ ٢٠١٧ إلى (٢١٤٧٤١)ألف سيارة ، وفي عام/ ٢٠١٨ بلغ (٢١٧,٨١١) الف سيارة ، وقد ازداد العدد ليصل في عام /٢٠٢٢ حوالي (٢٣٦٢٥٠) ألف سيارة، يضاف إلى هذا العدد الكبير من السيارات عدد من الدراجات النارية والتي يزداد استخدامها بشكل ملحوظ في الآونة الأخيرة ولم تتوفر بيانات عنها، وهذا العدد من السيارات مسؤول بشكل كبير عن تلوث الهواء في المحافظة

بمختلف العناصر ولا سيما غاز أول أكسيد الكربون وغاز النتروجين، فهناك علاقة طردية بين زيادة تركيز كل منها وعدد السيارات إضافة إلى الجزيئات التي تثيرها السيارات أثناء حركتها على شوارع المدن في المحافظة، وخاصة أن بعض شوارع المدن ترابية وغير مرصوفة بسبب استحداث مناطق سكانية جديدة كما أن نوع الوقود المستخدم للسيارات يؤثر في كمية ونوعية الملوثات المنطلقة منها فتختلف كمية الملوثات المنطلقة نتيجة احتراق كل من البنزين و الديزل.

شكل (٢) أعداد السيارات في محافظة صلاح الدين للمدة (٢٠١٥ – ٢٠٢٢)

السنة	عدد السيارات (ألف)	النسبة %
سنة ٢٠١٥	139,150	8%
سنة ٢٠١٦	169301	10%
سنة ٢٠١٧	214741	13%
سنة ٢٠١٨	217811	13%
سنة ٢٠١٩	219745	13%
سنة ٢٠٢٠	220623	13%
سنة ٢٠٢١	225623	14%
سنة ٢٠٢٢	236250	14%

المصدر: وزارة الاحصاء، جهاز المركزي للحصاء، تقرير إحصاء سيارات المسجلة في مديرية المرور في محافظة صلاح الدين، للمدة ٢٠١٥ – ٢٠٢٢.

شكل (٣) أعداد السيارات في محافظة صلاح الدين للمدة ٢٠١٥ – ٢٠٢٢

المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على جدول (٢).

٢- النشاط الصناعي:

تعد المنشآت الصناعية احدى المصادر الأساسية في تلوث الهواء في محافظة صلاح الدين اذ تطلق كميات من الملوثات وأكثرها ملوثات مضرة بصحة السكان، فضلاً عن بعض المعامل والورش الصغيرة التي تقع داخل المدن في المحافظة وهي على نحو الاتي:

أ- **الصناعات الانشائية** : ان منطقة الدراسة تحتوي على (٦) صناعات كبيرة للصناعات الانشائية، بعدد (٥) مصانع للطابوق، تقع ثلاث منها في الدجيل، ومصنع واحد في بلد، وواحد في سامراء، اما مصانع البلوك فيوجد واحد فقط يقع بالتحديد في قضاء طوز خورماتو، اما بالنسبة لصناعة الأنابيب البلاستيكية فتحتوي

منطقة الدراسة على مصنعين، يقع الاول في قضاء بلد وبالتحديد في ناحية الاسحاقي، اما المصنع الثاني فيقع في قضاء العلم ، أما بخصوص صناعة البورك فيوجد مصنع واحد يقع في قضاء تكريت[١٠].

ب-**الصناعات البتروكيمياوية:** تقتصر على صنفين صناعين فقط، الاول يتمثل بمصافي النفط التابعة لشركة مصافي الشمال، والتي تقع ضمن قضاء بيجي وبموقعين الاول ضمن القضاء المذكور يحمل اسم مصفى بيجي، ويتمثل الموقع الثاني بمصفى الصينية، الذي يقع في ناحية الصينة غرب قضاء بيجي، وهناك معمل اخر صغير يقع في قضاء طوز خورماتو ينتج الرغوة البيضاء، اما الصنف الصناعي الثاني فيتمثل بمصانع الاسفلت والبالغ عدد معاملها في عموم منطقة الدراسة (٩) معامل بواقع (٤) معامل للأسفلت في قضاء ببجي، و(٣) معامل في قضاء الدجيل، و(٢) مصنع في كل من قضائيين سامراء الطوز ومعمل (١) في قضاء تكريت.

ت-**الصناعات الكيمياوية:** تضم منطقة الدراسة (٦) مصانع كبيرة للصناعات الكيمياوية، موزعة على (٣) اصناف صناعية، بواقع مصنع واحد لصناعة الاسمدة الكيمياوية يتمثل بالشركة العامة للأسمدة الشمالية في بيجي، و(٤) معامل لصناعة الادوية والمستلزمات الطبية تقع جميعها في قضاء سامراء وهي (الشركة العامة للأدوية والمستلزمات والطبية، ومعمل ادوية دبي، مصنع أسوار الخليج، معمل ادوية دجلة)، اما الصناعة الكيمياوية الثالثة في منطقة الدراسة فتتمثل بمصنع كبريتات الصوديوم، والذي يقع شرق قضاء سامراء بالقرب من مشروع الرصاصي الأروائي.[١١]

ث-**انتاج الطاقة الكهربائية:** تضم منطقة الدراسة (٧) محطات لتوليد الطاقة الكهربائية، موزعة بين الحرارية والغازية والكهرومائية والديزلات، بعضها تعمل والبعض الاخر قيد الانشاء وقسم منها تضرر جراء الاعمال الارهابية التي تعرضت لها المحافظة بعد (٢٠١٤)م، والتي تتوزع على اكثر من وحدة ادرية ضمن المحافظة، فبلغ عدد المحطات الحرارية (٢) تقع الاولى في قضاء بيجي، وهي خارج الخدمة حاليا بسبب تضررها من جراء الاعمال العسكرية، وتقع المحطة الحرارية الثانية في قضاء سامراء تحت مسمى مشروع صلاح الدين لإنتاج الطاقة الكهربائية والتي لا تزال قيد الانشاء، اما بخصوص المحطات الغازية في منطقة الدراسة فيبلغ عددها (٢) محطة غازية، واللتان تقعان في قضاء بيجي، الاولى تعمل والثانية لا زالت قيد الانشاء، اما بالنسبة للمحطات الكهرومائية فهناك محطة واحد تقع على سد سامراء، اما بالنسبة لمحطات الديزلات فهناك محطتين منها تقع الاولى في قضاء سامراء، وتقع الثانية في قضاء بلد.[١٢]

المحور الثاني : التحليل الزماني والمكاني لتراكيز الغازات الملوث في محافظة صلاح الدين:

١- ثاني أكسيد النيتروجين(NO^2):

هي من العناصر المسئولة عن تدمير طبقة الأوزون، وعن ظاهرة الامطار الحمضية، كما أنها تسبب اضرارا شديدة لنباتات مثل بياض النبات وتساقط الأوراق وضعف النمو، وتسبب ايضا تهتك الاقمشة وتأكل المعادن، وهي تساعد على تكوين ثالث اوكسيد الكبريت وحامض الكبريتيك في اجواء المدن، وهي سامة بالنسبة للأنسان والحيوان، وتعد قاتلة عند التركيزات العالية، وتؤثر على انسجة الرئة عند التركيزات المنخفضة، وهي تضعف مقاومة الجسم للالتهاب الرئوي والانفلونزا في الحيوانات الخاصة بالتجارب، وعند الانسان تسبب احتقان الرئة وتلفا في انسجتها.[١٣]

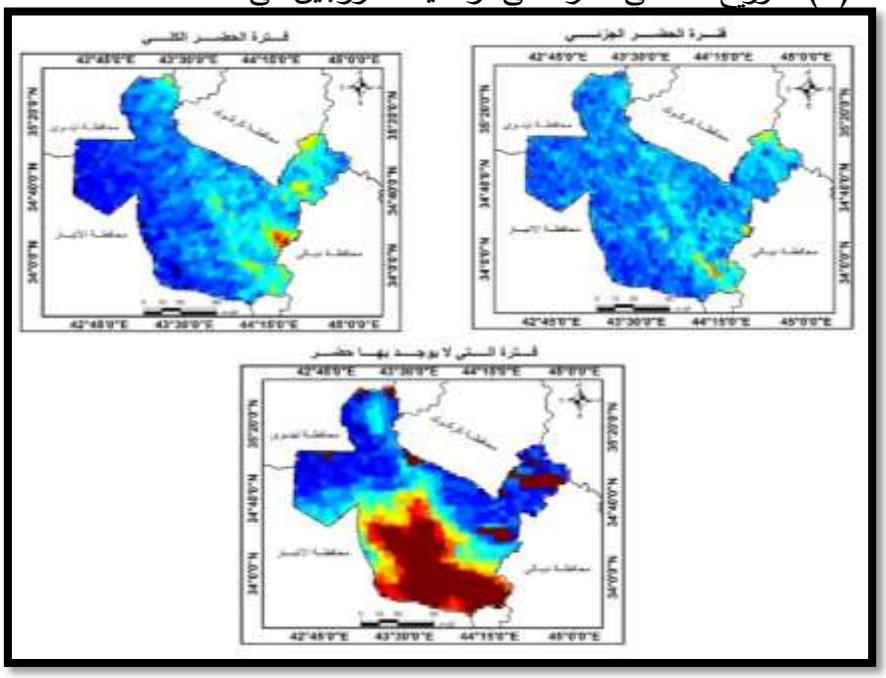
يتضح من خلال الجدول (٣) وخريطة (٢) أن نسبة تركز غاز ثاني اوكسيد النتروجين في منطقة الدراسة خلال فترة الحضر الكلي قليلة جداً، إذ احتل التركز المتوسط مساحة تقدر نحو (٢٤١١١.٢٤)كم^٢ وبنسبة (٩٩ %)، أما التركيز أحتل مساحة تقدر (١٦٠.٠٣)كم^٢ وبنسبة (١ %)، وهذا يدل أن الإجراءات حضر التجوال التي اتخذتها المحافظة أدى إلى تقليل أنبعاثات غاز ثاني اوكسيد النتروجين الناتج عن انبعاثات المركبات والمصانع، أما خلال فترة الحضر الجزئي فقد أحتل التركز العالي مساحة تقدر (٥٠٦.٣٩)كم^٢ وبنسبة (٢ %)، تليها مساحة التركز المتوسط والبالغ (٤٢٦.١٣)كم^٢ وبنسبة (٢ %)، وفئة الاخيرة تمثل مساحة التركيز المنخفض جداً والبالغة (٢٣٣٣٨.٧٥)كم^٢ وبنسبة (٩٦ %)، ونتيجة الحضر الجزي في المحافظة فقد عادة العمل وأزداد انبعاث غاز ثاني أوكسيد النتروجين ولكن بنسب منخفضة، وخلال قترة رفع الحضر عن المحافظة، فقد سجل ثاني اوكسيد النتروجين نسي عالية، إذ أحتل التركيز العالي جداً مساحة تقدر (٦٨٤٠.٩٩)كم^٢ وبنسبة (٢٨ %)، تليها فئة العالية البالغة (٣٢٤٩.٩٠)كم^٢ وبنسبة (١٣ %)، ومن ثم فئة المتوسطة والبالغة (١٠١٠.١٣)كم^٢ وبنسبة (٤ %)، وأخيراً احتلت التركيز المنخفض جداً مساحة تقدر(١٣١١١.٧٨)كم^٢ وبنسبة (٥٤ %)، يتضح من البيانات احتلت فترة عدم وجود حضر للتجوال أعلى نسب لتركز غاز ثاني اوكسيد النتروجين في المنطقة، وتتركز النسب العالية في المناطق الحضرية تحديد مركز قضاء تكريت وسامراء وبلد والدور والدجيل.

جدول (٣) نسبة ومساحات تركز غاز ثاني اوكسيد النتروجين في محافظة صلاح الدين

فترة عدم موجد حضر			
الفئة	التركيز	المساحةكم٢	النسبة %
عالي جداً	1.00E-04	6840.99	28%
عالي	8.75E-05	3249.90	13%
متوسط	6.25E-05	1010.13	4%
منخفض جداً	1.25E-05	13111.78	54%
المجموع		24212.80	100%
فترة الحضر الجزئي			
الفئة	التركيز	المساحةكم٢	النسبة %
عالي جداً	1.00E-04	لا يوجد	0%
عالي	8.75E-05	506.39	2%
متوسط	6.25E-05	426.13	2%
منخفض جداً	1.25E-05	23338.75	96%
المجموع		24271.26	100%
فترة الحضر الكلي			
الفئة	التركيز	المساحةكم٢	النسبة %
عالي جداً	1.00E-04	لا يوجد	0%
عالي	8.75E-05	لايوجد	0%
متوسط	6.25E-05	24111.24	99%
منخفض جداً	1.25E-05	160.03	1%
المجموع		24271.27	100%

المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على بيانات القمر الصناعي Sentinel-5P.

خريطة (٢) التوزيع المكاني لغاز ثاني اوكسيد النتروجين في المحافظة



المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على بيانات القمر الصناعي Sentinel-5P.

2 –أول أكسيد الكربون:

هو غاز عديم اللون والرائحة والطعم، ومن هنا تأتي خطورته وهو ينتج عن عدم اكتمال احتراق الوقود، ويمر من الرئة الى الدم دون ان يحس به الشخص، وتسبب التراكيز المرتفعة منه تغيرات فيزولوجية في جسم الانسان، وقد تؤدي الى موته، كما يحدث الاختناق من جراء المدافئ التي تشتغل بالمازوت، اذ يؤدي الاحتراق غير الكامل الى اطلاق هذا الغاز والجانب الخطير في هذا الغاز انه يتحد مع هيموغلوبين الدم مكونا كربوكسي هيموغلوبين الدم الذي يتميز بعدم قرته على الاتحاد مع الاوكسجين بـ(٢١٠)مرة، الامر الذي ينتج عنه نقص امداد الجسم بالاوكسجين وبالتالي الموت اختناقا، ولكن ما يستنشق الانسان الهواء النقي حتى يستطيع ان يتخلص الجسم من اثر هذا الغاز السام.

وتكون الجرعة القاتلة منه بضعف مسبق في القلب والمخ، واضافة الى انه يسبب الشلل عند تركيزه في الهواء بنسبة (١) في الألف (١ %)، ايضاً تؤدي زيادة نسبة هذا الغاز الى حدوث اضرار لمن يتعرض له مثل الاصابة بالصداع، ضعف الرؤية، نقص في تناسق العضلات، الغثيان، وآلام باطنية، ويزداد تأثيره عند المدخنين وعند الذين يعانون من امراض نفسية مختلفة.

ومن اسوأ مخاطر هذا الغاز انه يؤثر بفعالية كبيرة على الاجنة، لأنه يتحد مع الهيموغلوبين، فان وجود الام الحامل في بيئة ملوثة بغاز اول اكسيد الكربون، او اذا كانت من المدخنات يعني تسمم الجنين عن طريق الحبل السري، ويكون مركب كربوكسيد الهيموغلوبين مما يحد من توزيع الدم المؤكسد الى انسجة اعضاء الجنين، ويلحق بها ابلغ الضرر، خاصة الجهاز العصبي الذي يكون في مراحل تطور مستمر، ويحمل دخان التبغ الى الجنين، اضافة الى غاز اول اكسيد الكربون، ملوثات اخرى مثل النيكوتين والكادميوم وسيانيد الهيدروجين ومادة البروتين، وهذه كلها تجعل الجنين عرضة للاجهاض أو التشويه.(١٤)

يتضح من خلال جدول (٤)وخريطة (٣) أن نسب تركيز غاز أول أوكسيد الكاربون في المحافظة منخفض ،إذ احتل التركيز المنخفض جداً المرتبة الاول من حيث المساحة خلال فترة الحظر الكلي والبالغة (٢٣٦٦٧.٢٥)كم^{٢} وبنسبة(٩٧ %)، تليها التركيز المنخفض بمساحة بلغت (٦١٩.٢٥)كم^{٢} وبنسبة (٣ %)، أما خلال فترة الحظر الجزئي فقد احتل التركيز المنخفض جداً أكبر مساحة بلغت (٢٣١٤٥.٢٥)كم^{٢} وبنسبة (٩٥ %)، تليها التركيز المنخفض نحو (١١٤١.٢٦)كم^{٢} وبنسبة (٥ %)، وخلال فترة رفع حضر الكلي للتجوال فقد أحتل التركيز المنخفض مساحة تقدر (٢٢٦٨٨.٥٤)كم^{٢} وبنسبة (٩٤ %)، تليها التركيز العالي بسماحة بلغت (١٥٣٨.٦٧)كم^{٢} وبنسبة (٦ %) ، ويتضح من ذلك أن نسب تركز غاز أول أوكسيد الكاربون فقد ازداد خلال فترة الرفع الحضر الكلي للتجوال ، ونخفض خلال فترة الحضر الكلي والجزي للتجوال في المنطقة، وهذه إلى الغازات التي تطلها

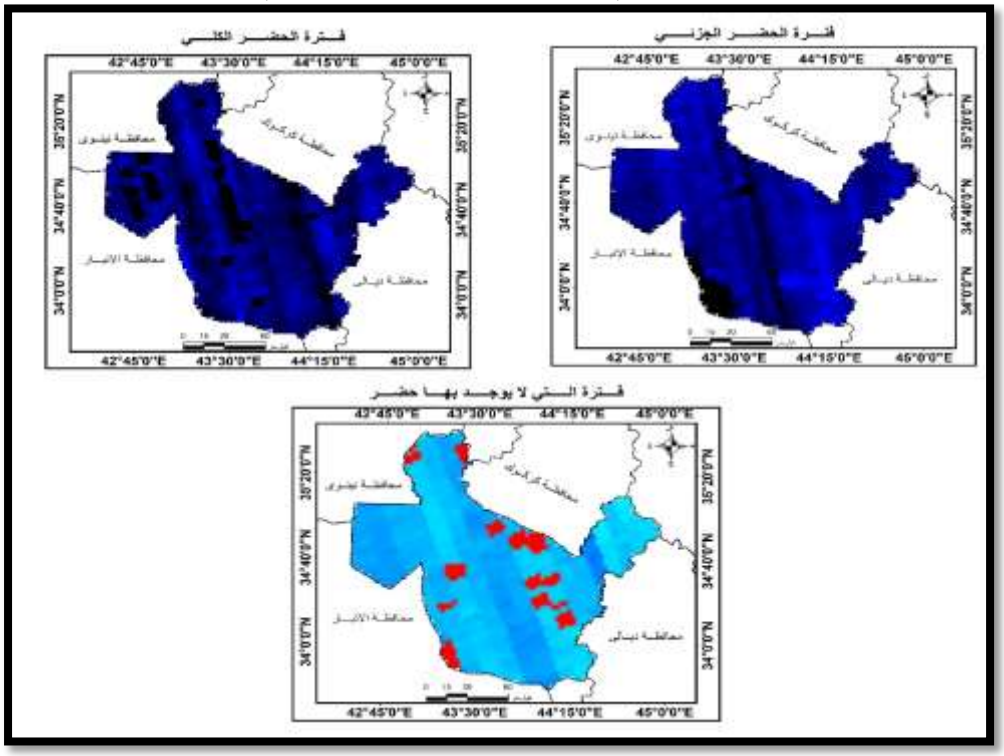
الصناعات المختلفة في المحافظة المتمثلة بصناعة البتروكيمياوية والصناعات الكيمياوية ومحطات الطاقة الحرارية، فضلاً عن ما تبعثه المركبات و الدرجات النارية من عوادم ودخان، بالإضافة الى حرق النفايات الصلبة في المحافظة.

جدول (٤) نسبة ومساحات تركز غاز أول اوكسيد الكاربون في محافظة صلاح الدين

الفئة	التركيز	المساحة كم٢	النسبة %
فترة عدم موجد حضر			
عالي	0.0875	1538.67	6%
متوسط	0.0625	لا يوجد	0%
منخفض	0.0750	22688.54	94%
منخفض جداً		لا يوجد	0%
المجموع		24227.21	100%
فترة الحضر الجزئي			
متوسط	0.0750	لا يوجد	0%
منخفض	0.0750	1141.26	5%
منخفض جداً	0.0125	23145.25	95%
المجموع		24286.51	100%
فترة الحضر الكلي			
عالي	0.0625	لا يوجد	0%
متوسط	0.0750	لا يوجد	0%
منخفض	0.0750	619.25	3%
منخفض جداً	0.0125	23667.25	97%
المجموع		24286.51	100%

المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على بيانات القمر الصناعي Sentinel-5P.

خريطة (٣) التوزيع المكاني لغاز أول اوكسيد الكاربون في المحافظة



المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على بيانات القمر الصناعي Sentinel-5P.

3 – ثاني أكسيد الكبريت (SO2):

أحد الملوثات البيئية الضارة الذي يؤثر على جهازي الشم والتنفس بشكل مباشر فيؤثر على الانف والقصبات الهوائية، وتشير الدراسات ان الشخص العادي يشعر بوجوده اذا بلغت نسبته في الهواء(٤ –٥) ملغ في المتر المكعب من الهواء الذي يدخل جسم الانسان عن طريق التنفس، ويتم التخلص منه عن طريق البول، كما تشير هذه الدراسات الى ان استنشاقه طويلا يؤدي الى التهاب البلعوم ونقصان الوزن وانخفاض مقاومة الجسم، وترتفع نسبة امراض الكلى والكبد في المناطق الملوثة ، وكذلك تسبب هذه الاكاسيد اصفرار اوراق النباتات، وتذيب الرخام، وتسبب تأكل الحديد والصلب، كما يعد ثاني اكسيد الكبريت احد العناصر الرئيسية في حدوث ظاهرة الامطار الحمضية.[١٥]

يتضح من خلال الجدول (٥) وشكل (٤) أن تركيز غاز ثاني أكسيد الكبريت في محافظة صلاح الدين منخفض جداً خلال فترة الحضر الكلي والجزئي للتجوال، إذ بلغ مساحة التي لا يوجد بها تركيز الغاز خلال فترة الحضر الكي للتجوال نحو (٢٣٧٠٠.٨٩)كم٢ وبنسبة (٩٨ %)، تليها التركيز المنخفض جداً نحو (٥٢٦.٣٢)كم٢وبنسبة (٢ %)، أما خلال فترة الحضر الجزئي، فقد بلغ مساحة المناطق التي تحتوي على تواجد الغاز نحو (١٨١٧٠.٤١)كم٢ وبنسبة (٢٥ %)، تليها فئة التركز المنخفض جداً بمساحة بلغت (٦٠٥٦.٨٢٢)كم٢ وبنسبة (٢٥ %)، نلاحظ خلال فترة الحضر الكلي انخفض نسبة تركيز الغاز فوق أجواء المحافظة وثم ازداد خلال فترة الحضر الجزئي ويرجع سبب ذلك إلى الى إعادة العمل في المحافظة ، أما خلال فترة رفع حظر التجوال في المحافظة فقد ازداد انبعاث غاز ثاني أكسيد الكبريت، فقد احتل المناطق التي لا يوجد بها الغاز حوالي (٢٠٦٨٧.٢١)كم٢ وبنسبة (٨٥ %)، تليها نسية التركيز المنخفض جداً بمساحة بلغت (٢٣٢٤)كم٢ وبنسبة (١٠ %)، وجاء نسبة التركيز المنخفض في المرتبة الأخيرة بمساحة بلغت (١٢١٦)كم٢ وبنسية (٥ %).

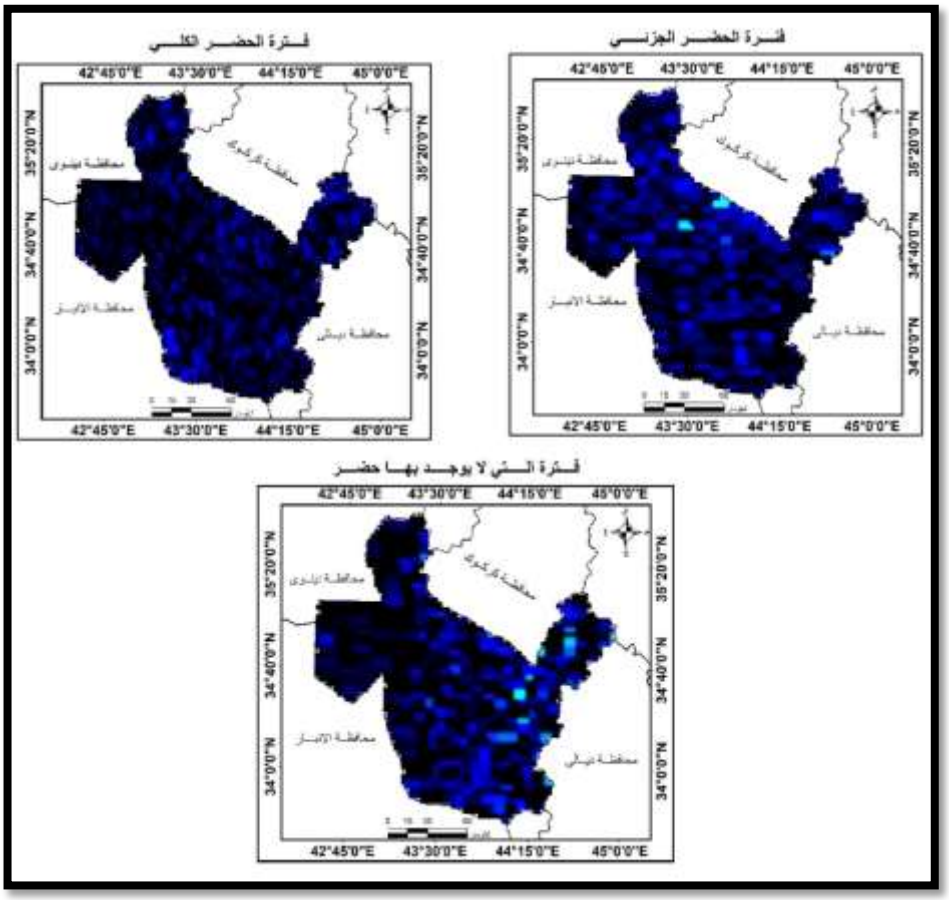
جدول (٥) نسبة ومساحات تركز غاز ثاني أكسيد الكبريت (SO2) في محافظة صلاح الدين

فترة عدم موجد حضر			
الفئة	التركيز	المساحة كم٢	النسبة %
منخفض	3.7500	1216	5%
منخفض جداً	1.25	2324.00	10%
لا يوجد تركيز	0.0	20687.21	85%
المجموع		24227.21	100%
فترة الحضر الجزئي			
منخفض جداً	1.25	6056.802	25%
لا يوجد تركيز	0.0	18170.41	75%
المجموع		24227.21	100%

فترة الحضر الكلي			
منخفض جداً	1.25	526.32	2%
لا يوجد تركيز	0.0	23700.89	98%
المجموع		24227.21	100%

المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على بيانات القمر الصناعي Sentinel-5P.

خريطة (٤) التوزيع المكاني ثاني اوكسيد الكبريت في المحافظة

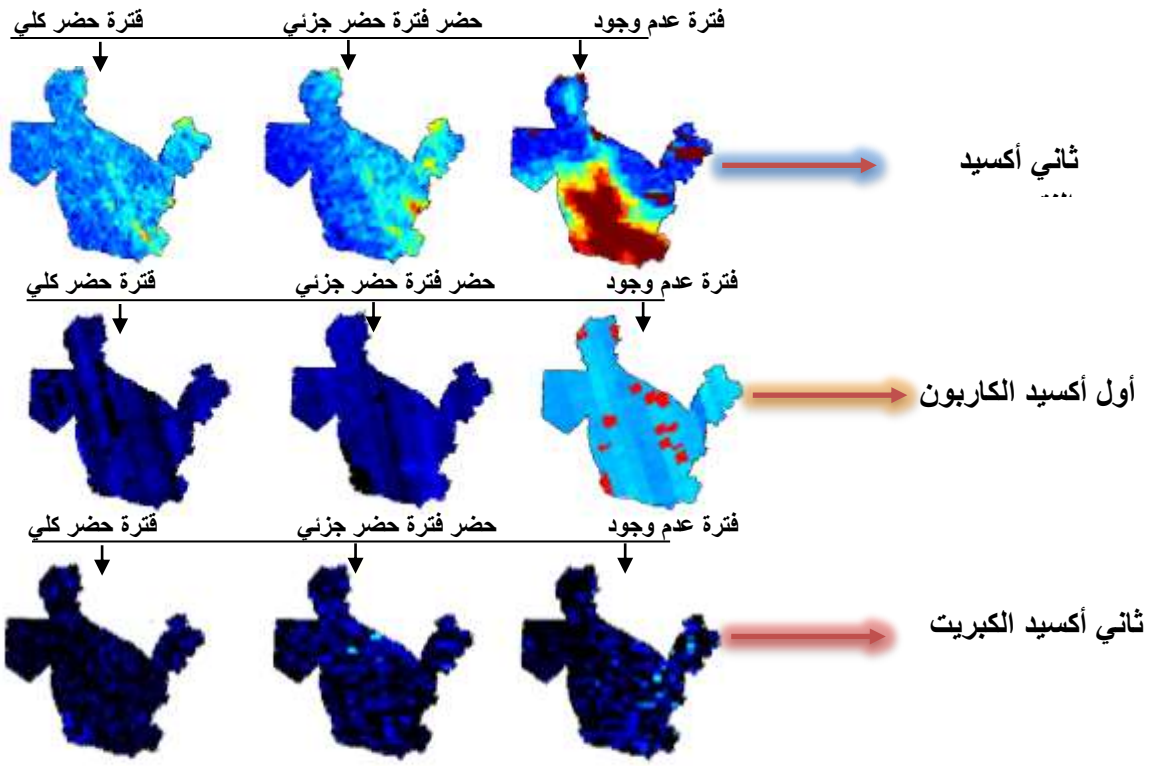


المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على بيانات القمر الصناعي Sentinel-5P.

ويبين الشكل (٤) التي توضح خريطة مجمعة للغازات الملوثة في منطقة الدراسة لجميع الفترات المدروسة، لكي تعطي صورة واضحة عن المساحات التي تشغلها نسب الملوثة في محافظة صلاح الدين.

شكل (٤) خريطة مجمعة لتراكيز الغازات الملوثة في محافظة صلاح الدين

لجميع الفترات المدروسة



المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على الخرائط أعلاه.

المحور الثالث : الأثار الصحية الناتجة عن تلوث الهواء في المحافظة:

يتناول هذا المحور دراسة تأثيرات ملوثات الهواء قيد الدرس على صحة الإنسان واصابته بالأمراض، التي أكدت الدراسات أنها تقف وراء الكثير من الأمراض التي يتعرض لها الإنسان، كأمراض الجهاز التنفسي، والقلب، وسرطان الرئة، وقد أشارت منظمة الصحة العالمية إلى أن مليار إنسان من ساكني المدن ذات المستويات العالية في تلوث الهواء معرضون لأخطار صحية وتتوقف تأثيرات استنشاق الهواء الملوث على نوع وتركيز وفترة التعرض للملوثات، وبعض أنواع الغازات والأبخرة التي تستنشق وتمتص مباشرة في مجرى الدم داخل الجسم ، بينما تحجز الجسيمات والدخان احيانا في الرئة ،وتسبب تلفا في الأنسجة.

١- غاز أول اوكسيد الكاربون: يعد غاز أحادي أوكسيد الكاربون أخطر ملوثات الهواء، وأشهرها سمية على الإنسان. يتحد مع الهيموغلوبين مكوناً كربوكسي هيموغلوبين، وتكمن خطورة هذا الغاز في سهولة اتحاده مع هيموغلوبين الدم اذ تفوق قدرته أكثر من (٢٠٠) مرة قدرة اتحاد الأوكسجين مع هيموغلوبين الدم، ويشكل كربوكسي هيموغلوبين الدم، وهذا يضعف قدرة الدم على نقل الأوكسجين إلى أعضاء الجسم، ويكون الدماغ أكثر الأعضاء تأثراً، إن زيادة نسبة امتصاص هذا الغاز تؤدي إلى حدوث اضطرابات في

كريات الدم البيضاء، وينشأ من تعرض الإنسان لهذا الغاز أن يصاب الإنسان بالخمول، وتضعف قدراته على التمييز والحكم على الأشياء، وهي تسبب ضعفاً في السمع والبصر بصورة خاصة. كما أن هذا الغاز يؤثر على الأجنة تأثيراً مباشراً، وقد يؤدي إلى الإجهاض ، وربما إلى العقم أحياناً، ومما يزيد فعالية تأثيره على الأجنة أنه يتحد مع الهيموغلوبين، فإنه يعبر مع الدم من الحبل السري إلى الدورة الدموية للجنين، ومن ثم فإن وجود الأم الحامل في بيئة ملوثة بغاز أحادي أوكسيد الكاربون، أو إذا كانت من المدخنات يعني تسمم الجنين عن طريق الحبل السري، كما أن وجود مركب كربوكسي الهيموغلوبين يحد من توزيع الدم المؤكسد إلى أنسجة وأعضاء الجنين، ويلحق بها أبلغ الضرر، لاسيما الجهاز العصبي الذي يكون في مراحل تطور مستمر.(١٦)

٢- غاز ثنائي اوكسيد النتروجين: يتفاوت تأثير غاز ثنائي اوكسيد النتروجين على صحة الإنسان تبعاً لتركيزه وفترة التعرض له من تهيج العيون، و احتقان رئوي والجهاز التنفسي، والتهاب القصبات الهوائية، ومما يزيد من آثاره الصحية تحوله إلى حامض نتريك مخفف يهاجم أنسجة الجهاز التنفسي ابتداء بالجيوب الأنفية ووصولاً للحويصلات الهوائية في الرئتين، كما يعد غاز ثنائي اوكسيد النتروجين من الملوثات شديد الخطورة ،لأنه يشكل المفتاح الذي يدخل في سلسلة التفاعلات الكيموضوئية التي ينتج عنها تكون الضباب الكيموضوئي، وذلك بوجود الهيدروكاربونات، وثنائي اوكسيد الكبريت مع الأشعة الشمسية ، كذلك يؤدي تهيج الحجرات الهوائية للرئتين إلى أعراض شبيهة بانتفاخ الرئة عند التعرض الطويل للغاز عند المعدل(١) ملغم/لتر. وانتفاخ الرئة يمكن أن يتبعه الاستسقاء وأخيراً الوفاة، ومن جهة أخرى تتفكك أكاسيد النتروجين في وجود الأوكسجين والضوء، وينتج عن ذلك تكون غاز الأوزون، ولهذا الغاز أضرار كبيرة على الجهاز التنفسي، كما يؤدي إلى تلف أنسجة الرئة، ولهذا فإن الحد الأقصى المسموح به من ذلك الغاز هو أن لا يتجاوز نسبة (٠.١) جزء من المليون.(١٧)

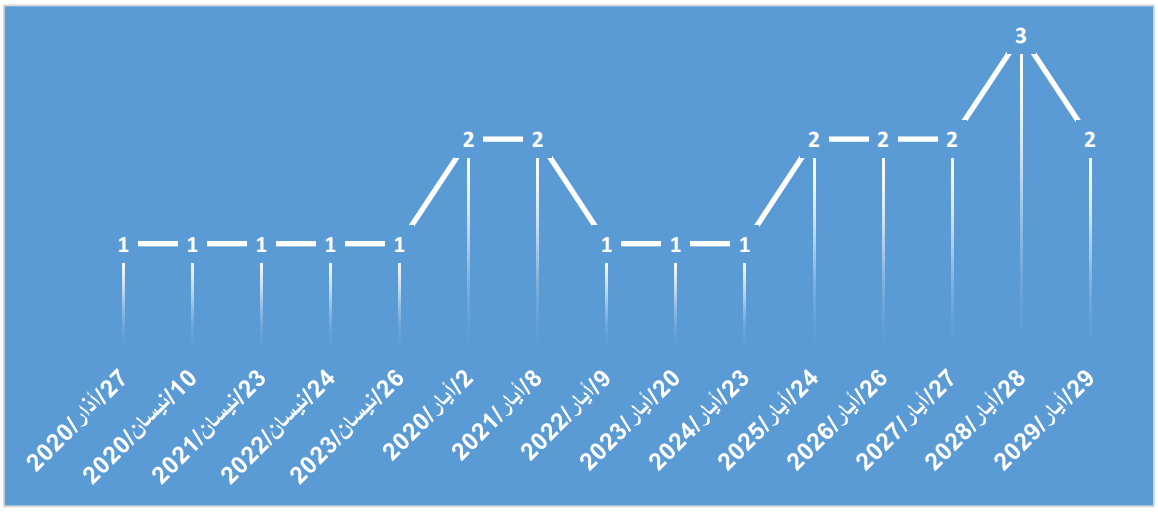
٣- غاز ثنائي اوكسيد الكبريت: بعد غاز ثنائي اوكسيد الكبريت من الملوثات التي لها تأثير على صحة الإنسان، إذ تشير الدراسات إلى أن استنشاق غاز ثنائي اوكسيد الكبريت لمدة طويلة يؤدي إلى إلتهاب البلعوم، ونقصان الوزن ،وانخفاض مقاومة الجسم، وترتفع نسبة أمراض الكلى والكبد في المناطق الملوثة بهذا الغاز، ونتيجة لازدياد تركيز هذا الغاز في أجواء المدن مقارنة مع أجواء الريف خاصة في الأجواء التي ترافق فيها كثرة الملوثات الدخانية مع الملوث الكبريتي (Son) مما يجعل الناس يتعرضون إلى العديد من أمراض الجهاز التنفسي.(١٨)

ويعد هذا الغاز مسؤولاً إلى حد ما عن زيادة معدلات الربو الحاد والمزمن والالتهابات الرئوية، وانتفاخ الرئة كما أنه يعيق عملية تنظيف الرئتين، وأظهرت الدراسات أن أشد الناس تأثراً عند احتواء الهواء على غاز ثنائي اوكسيد الكبريت هم أولئك الذين يشكون من متاعب في أجهزتهم التنفسية، وتكون نسبة امتصاص جسم الإنسان(٩٥ %) من ثنائي اوكسيد الكبريت عند احتواء الهواء على تراكيز عالية من هذا الغاز، ولكن قابلية الامتصاص هذه تنخفض إلى أقل من (٥٠ %) في حالة التراكيز القليلة، كما أن عملية التنفس اضطرارا من خلال الفم تؤدي إلى إيصال كميات كبيرة من هذا الغاز إلى الرئة، مما يزيد من آثار تخريبية أكثر من أربعة أضعاف تأثيراته عند استنشاقه من الأنف، ولهذا الأيروسول القابلية على اختراق اعماق رئة الإنسان، والبقاء هناك ولمدة طويلة، وله القابلية على شل حركة الشعيرات الرئوية، ويلتصق هذا الغاز بجزيئات الفحم التي تتطاير في سماء المدن، وتدخل هذه الجزيئات إلى الرئة بواسطة التنفس، وتعطي حامض الكبريتيك الذي قد يتلف الغشاء الداخلي للرئة، ويعد غاز ثنائي اوكسيد الكبريت من العوامل الأساسية التي أدت إلى الازدياد في حالات الربو والنزلات الصدرية وانتفاخ الرئة ،والتي تلاحظ في المناطق المعرضة للتلوث، إن التعرض لهذا الغاز حتى لو فترة قصيرة والى مستويات منخفضة نسبياً يمكن أن تؤدي

إلى نوبة ربو ، اما بالنسبة إلى علاقة غاز ثنائي اوكسيد الكبريت والإصابة بالسرطان، فقد أثبتت الدراسات العلمية مؤخرا احتمال وجود علاقة بين هذا الغاز وحصول أضرار فسلجية في المكونات الوراثية (DNA) وامكان حصول الطفرة الوراثية ،أو الإصابة بالسرطان ،ولاسيما سرطان الرئة.[١٩]

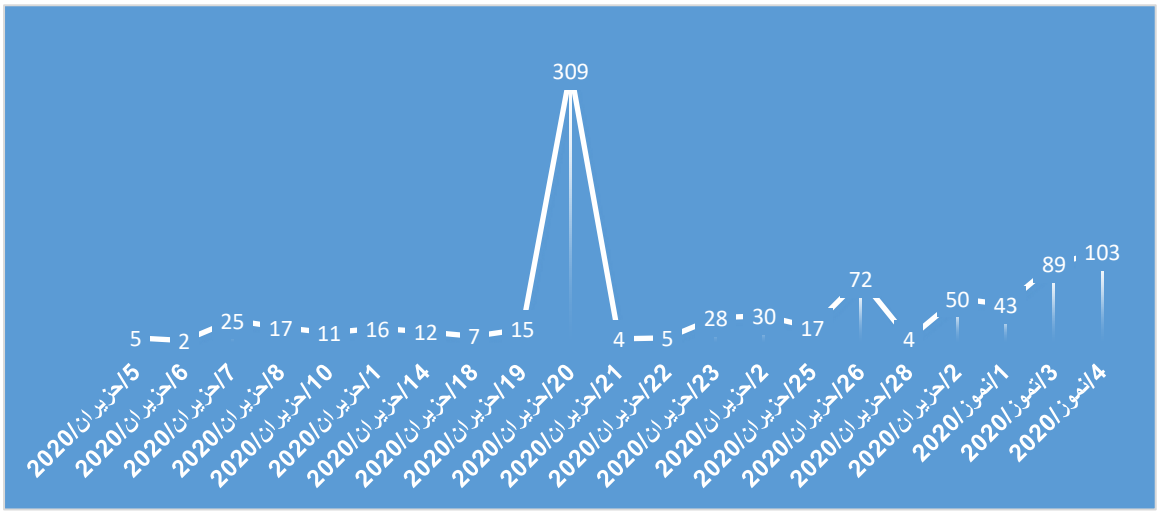
ويلاحظ من خلال ماذكر أن الامراض التي تسببها ملوثات الهواء وبالتحديد ثاني أكسيد النتروجين وأول أكسيد الكاربون هي نفس الاعراض او مشابه جداً لاعراض كوفيد_١٩ ، وقد ذكرت المنظمة الصحة العالمية أن الأعراض الأكثر شيوعاً لوباء "كوفيد-١٩" هي الحمى والتعب والسعال الجاف، وضيق التنفس وامراض جهاز التنفسي، ويلاحظ من خلال شكل (٥) و(٦)، أن الفترات التي تزداد بها تركيز ملوثات الهواء في أجواء المحافظة ترتفع بها أعداد اصابة بمرض كوفيد- ١٩ ، وهذا ما يدل وجود علاقة بين ارتفاع نسبة غاز ثاني اكسيد النيتروجين وأول أكسيد الكاربون ومرض كوفيد – ١٩ .

شكل (٥) أعداد الاصابات في مرض كوفيد-١٩ في محافظة صلاح الدين لشهر أذار ونيسان



المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على وزارة الصحة العراقية، منشورات الاحصائية اليومية الخاصة بمرض COVID-١٩ .

شكل (٦) أعداد الاصابات في مرض كوفيد-١٩ في محافظة صلاح الدين لشهر حزيران وتموز



المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على وزارة الصحة العراقية، منشورات الاحصائية اليومية الخاصة بمرض COVID-١٩ .

٢- الآثار البيئية للغازات الملوثة:

من الاثار البيئية لتلوث الهواء هو الامطار الحامضية ويُعتبر مفهوم الأمطار الحمضيّة أو ما يُسمّى بالترسيب الحمضيّ مُصطلحاً واسعاً يشمل أيّ شكل من أشكال الترسيب التي تسقط على سطح الأرض من الغلاف الجوي وتحتوي على مكونات حمضيّة، كأحماض الكبريتيك والنيتريك، بأشكالها الرطبة والجافة، إذ يصل الرقم الهيدروجيني للأمطار في الأوضاع الطبيعية إلى (٥.٦)، بينما يتراوح الرقم الهيدروجيني للأمطار الحمضيّة مابين (٤.٢ - ٤.٤)، ممّا يعني أنَّها حمضية نوعاً ما، لإنَّ ثاني أكسيد الكربون يذوب في مياه الأمطار مُنتجاً حمض الكربونيك الضعيف ويتم من خلال المعادلة الاتية

$$SO2 + O2 ½ (SO3) + H2O \rightarrow H2SO4$$
$$NO2 + H2O \rightarrow HNO3$$
$$CO2 + H2O \rightarrow HCO3$$

وتبقى هذه الأحماض معلقة في الهواء على هيئة رذاذ وتسقط مع الأمطار، وفي البلدان قليلة الأمطار مثل دول الخليج تلتصق المركبات الحامضية على سطح الأتربة العالقة في الهواء وتتساقط معها فيما يعرف بالترسيب الحامضي الجاف وأحياناً يسمى الترسيب الحامضي. وللأمطار الحامضية أو الترسيب الحامضي آثار سيئة على البيئة فهي تتسبب :[٢٠]

١- التأثير على البحيرات والأنهار: يصل الرقم الهيدروجيني للبحيرات في الأوضاع الطبيعية إلى (٦.٥) أو أعلى من ذلك،[٢١] لكن سقوط الأمطار الحمضيّة على البُحيرات والأنهار بالإضافة إلى الأمطار التي تسقط على اليابسة وتتدَّفق إليها يزيد من درجة حموضتها، لذا تُعدُّ تأثيرات الأمطار الحمضيّة في الموائل المائية الأكثر وضوحاً، اذ يتسبّب ارتفاع حموضة المياه في انخفاض أعداد الأسماك والحيوانات المائية الأخرى، كما يُشار إلى أنَّ مقدرة الكائنات الحية على البقاء على قيد الحياة في المياه الحمضيّة تختلف فيما بينها، إذ يُعتَبر الروبيان وحلزون البحر وبلح البحر الحيوانات الأكثر تأثّراً بتحمّض المياه، يليها الأسماك من أنواع السلمون والبلم وسمك الروش وخاصّةً بيوضها وصغارها، فمن الممكن أن تتسبّب المياه الحمضية في حدوث تشوّه للأسماك الصغيرة، كما من المُمكن أن تمنع عملية فقس البيض بالشكل الصحيح[٢٢].

تموت مُعظم الأسماك النّجاة عندما تُصبح المياه ذات رقم هيدروجيني أقل من ٥، وعندما يصل الرقم الهيدروجيني للبحيرات إلى ٤ فإنَّ البحيرة تُعدُّ ميتةً إذ تختفي فيها جميع أشكال الحياة، كما يُشكّل ارتفاع حموضة المياه تهديداً على حياة بعض أنواع الكائنات الحية بشكلٍ غير مباشر حيث يتسبّب في إطلاق المواد السامة التي تتدفّق من التربة إلى المُسطّحات المائية كالألمنيوم وتُحلق أضراراً بالكائنات المائية، علاوةً على ذلك تتأثّر الأنظمة البيئيّة بكاملها وبخاصّة السلاسل الغذائيّة فيما بين الكائنات الحية المختلفة، ففي حال اختفاء أحد أنواع الأسماك التي تُمثّل غذاءً للحيوانات الأخرى فستختفي تلك الحيوانات تدريجياً هي أيضاً، كما أنَّ الأسماك الميتة تُمثّل غذاء أنواع مُعيّنة من الحشرات الكبيرة، وبالتالي فإنَّ زيادة أعداد الأسماك الميتة تزيد من عملية نموُّ الحشرات الكبيرة وأعدادها الأمر الذي يؤثّر على الحشرات الصغيرة والعوالق التي تُمثّل غذائها[٢٣].

٢- **التأثير على المباني:** التأثير على المباني تتعرّض المباني والمُنشآت إلى التأكل بفِعل الظروف المناخية، كالأمطار والثلوج والرياح مع مرور الوقت، لكن الأمطار الحمضيّة تُساعد على جعل هذه العملية الطبيعيّة تحدث بشكلٍ أسرع، ويشمل ذلك المباني، والتماثيل، وحتّى المركبات، والأنابيب، والكوابل، لكن يُشار إلى أنَّ الأشياء المصنوعة من الحجر الجيري أو الحجر الرملي هي الأكثر تأثّراً بالأمطار الحمضيّة؛ لإنَّها تتأثّر بالملوّثات الحمضيّة وهي في حالتها الغازية إلى جانب التأثّر بها وهي مخلوطة بمياه الأمطار[٢٤].

٣- **التأثير على الأشجار والتربة:** تؤثّر الأمطار الحمضية على النباتات والتربة بطرق مُختلفة تجعلها أكثر عُرضةً للإصابة بالأمراض والحشرات، وتُضعف من قدرتها على تحمّل سوء الظروف الجويّة، وتشمل هذه التأثيرات ما يأتي[٢٥]:

أ- تآكل الطبقة الشمعيّة التي تُغطّي الأوراق ممّا يؤدّي إلى إتلافها ومنع النباتات من القدرة على القيام بعملية البناء الضوئي بالشكل الصحيح.

ب-إذابة العناصر الغذائيّة والمعادن الموجودة في التربة ممّا يؤثّر على نموّ النباتات، ويؤدّي هذا الأمر إلى فقدان بعض العناصر الغذائية من التربة مثل الكالسيوم.

ت- إطلاق المواد السامّة كالألمنيوم من التربة، ممّا يجعل عملية امتصاص المياه أكثر صعوبةً على النباتات. [٢٦]

النتائج:

١- بينت الدراسة ان للتلوث انواع عديدة واهم انواع التلوث هو التلوث الهوائي الذي يضر بشكل كبير الانسان والبيئة والكائنات الحية الأخرى، فضلا عن تأثيره المباشر على الغلاف الحيوي الذي يعيش فيه الانسان

٢- بينت الدراسة ان لعناصر المناخ أثر كبير ومباشر على التلوث عن طريق سرعة الرياح وارتفاع درجات الحرارة وقلة الرطوبة النسبية في المنطقة في المحافظة.

٣- بينت الدراسة تأثير النشاط الصناعي في المحافظة وأثره الكبير على التلوث الهوائي في المحافظة عن طريق الغازات الثقيلة التي تطلقها مصانع الجص والاسمنت والطابوق ومصانع الغاز النفط والصناعات البتروكيمايوية والصناعات الكيمياوية وغيرها من الصناعات الملوثة في المنطقة.

٤- اثبتت الدراسة التأثيرات الصحية التي تسببها تلك الغازات المنبعثة من عوادم السيارات والمصانع المذكورة ومنها غاز أول اوكسيد الكربون وثاني اوكسيد الكبريت وثاني اوكسيد النتروجين الذي يكون ضرره اشد واقوى على الجهاز التنفسي.

٥- ان الغازات التي تطلقها تلك المصانع والعوادم تساهم بشكل كبير في زيادة وتفاقم ظاهرة الاحتباس الحراري في المنطقة بشكل واضح.

٦- بينت الدراسة أثر التلوث الهوائي في منطقة الدراسة على عدم شعور الانسان بالراحة بسبب الغازات المذكورة ومالها من أثر مباشر على الجهازين التنفسي والعصبي للإنسان فتسبب ضيقاً في التنفس وصداعا في الراس، وبما أن فيروس كورونا المستجد يصيب الجهاز التنفسي، فإنه يسمح بالافتراض وجود صلة بين تلوث الهواء ومعدل الاصابات بفيروس كورونا المستجد.

التوصيات:

١- الوعي الذاتي لدى الشخص بأن التلوث ما هي إلا كارثة تحتاج إلى جهد إيجابي منه لأنها تندر بفنائه.

٢- وقف تراخيص مزاولة النشاط الصناعي الذي يدمر البيئة.

٤- تهجير الصناعات الملوثة للبيئة بعيداً عن أماكن تمركز البشر بخطة زمنية محددة، لوقف تبوير الأراضي الزراعية ولعدم الإضرار بصحة الإنسان.

٥- تطوير أساليب مكافحة تلوث الهواء، فالحل لا يكمن في مزيد من الارتفاع في أطوال المداخن لأنه لا يمنع التلوث بل يرحله إلى أماكن أبعد.

٦- تطوير وسائل التخلص من القمامة والنفايات، وخاصة لتلك العمليات التي تتضمن على الحرق في الهواء الطلق التي تزيد من التلوث.

٧- القيام بعمليات التشجير على نطاق واسع للتخلص من ملوثات الهواء وامتصاصها.

٨- الكشف الدوري للسيارات، لأن عوادمها من إحدى العوامل الرئيسة المسببة للتلوث.

٩- اللجوء الى الغاز الطبيعي كإحدى المصادر البديلة عن مصادر الطاقة الحرارية والتي لا يخرج معها كميات كبيرة من الرصاص والكبريت.

١٠-إلزام المصانع القائمة على تنقية عوادم المداخن بأجهزة فصل الاتربة وامتصاص الغازات.

الهوامش:

(١) حسين علي السعدي، أساسيات علن البيئة والتلوث، دار اليازوري العلمية للنشر والتوزيع ، عمان، ٢٠٠٦،ص٣٢٣.

(٢) عبد المعطي الخفاف، حماية البيئة من التلوث الصناعي "منهجية مستدامة لتنمية الموارد البشرية في مجالات البيئة"، الاتحاد العربي للصناعات الهندسية ، الأمانة العامة دائرة الدراسات ،٢٠٠٢،ص٥٥.

(٣) محمد ابراهيم محمد شحاته، نلوث الهواء القاتل الصامت وكيفية مواجهته ، دار العربية للكتب ، الطبعة الثانية، مصر ، ٢٠٠٨،ص٧٥.

(٤)https://sentinel.esa.int/web/sentinel/missions/sentinel-5p

(٥) علي حسين موسى ، لوث الجوي، دار الفكر، دمشق، طبعة الثانية، ١٩٦٦،ص٩٣.

(٦) كاظم عبد الوهاب الأسدي، تكرار المنخفضات الجوية وأثرها في طقس العراق ومناخه، رسالة ماجستير (غير منشور)، كلية الآداب ، جامعة البصرة، ١٩٩٨،ص١٤.

(٧) ميثم عبدالله سلطان المالكي، دراسة ملوثات والمياه والتربة في مدينة بغداد باستخدام نظم المعلومات الجغرافية(GIS) ، أطروحة دكتوراه (غير منشور)، كلية العلوم، جامعة بغداد، ٢٠٠٥،ص٤١.

(٨) عبدالله سالم عبدالله المالكي، العلاقة الفصلية بين التعرية الريحية للتربة وتكرار ظواهر الجو الغبارية في محافظة واسط، مجلة البحوث الجغرافية ، العدد السابع، كلية التربية للبنات، جامعة الكوفة،٢٠٠٦،ص١٤٣.

(٩) احمد جار الله الجار الله، تحليل كمي للعوامل المؤثرة في تباين ملوثات الهواء بمدن البترول بالمملكة العربية السعودية، الإسكندرية، مجلة كلية الآداب، جامعة الإسكندرية، المجلد الرابع والاربعين، ١٩٦٦، ٤١٣.

(١٠) عثمان مهدري هاشم الاحبابي، النمذجة المكانية للصناعات الكبيرة في محافظة صلاح الدين، اطروحة دكتوراه (غير منشور)، غير منشورة، ،كلية التربية للعلوم الانسانية، جامعة تكريت، ٢٠٢٠، ص٧٤.

(١١) عثمان مهدري هاشم الاحبابي، مصدر سابق، ص٧٦-٧٨.

(١٢) عثمان مهدري هاشم الاحبابي، مصدر سابق، ص٧٨-٧٩.

(١٣) عماد مطير خليف الشمري و نهاد خضير كاظم الكناني، البيئة والتلوث "دراسة للتلوث البيئي في العراق"، مطبعة الاريك، ٢٠١٢، ص١٣٦.

(١٤) عماد مطير خليف الشمري و نهاد خضير كاظم الكناني، المصدر نفسة، ص١٣٥.

(١٥) فتحي عبد العزيز ابو راضي، أسس الجغرافية المناخية والنباتية، دار النهضة العربية، مصدر سابق،٤١٧-٤١٨.

(١٦)Khalaf, Salim Jassim, Determination of toxic gaseous Wasterodcts and the relation of that with Biochemical and hematological indices in individuals working in the north Oil company region, master, College of Medicine ,University of Tikrit, 2004.

(١٧) خالد بن محمد القاسمي، وجيه جميل البعيني، حماية البيئة الخليجية، مكتب الجامعة الحديث، مصر،٢٠٠٨،ص٨٦-٨٧.

(١٨) السيد محمد الحسني الشيرازي، فقه البيئة ، مؤسسة الوعي الاسلامي، الطبعة الاولى، بيروت، لبنان، ٢٠٠٠،ص٦١.

(١٩) سعاد عبد المحسن صليخل الشمري، التباين المكاني لمرض السرطان في العراق، رسالة ماجستير (غير منشور)، جامعة بغداد، ٢٠٠٤،ص٣٧-٣٨.

(٢٠) عباس حسين مغير الربيعي، تلوث الهواء مصادره وتأثراته، مصدر الالكتروني، ص١٠.

(٢١) Alina Bradford (14-7-2018), "Acid Rain: Causes, Effects and Solutions" ،www.livescience.com, Retrieved 29-7-2020.

(٢٢)Acid Rain and Water", www.usgs.gov, Retrieved 29-7-2020.

(٢٣)staff of Young People's Trust for the Environment, "Acid Rain" ،projects.ncsu.edu, Retrieved 29-7-2020. Edited.

(٢٤)Christina Nunez (28-2-2019), "What Is Acid Rain?" ،www.nationalgeographic.com, Retrieved 29-7-2020. "Acid Rain,"

(٢٥) "Acid Rain", www.dec.ny.gov, Retrieved 29-7-2020. Edited.

(٢٦) "Acid Rain and Water", www.usgs.gov, Retrieved 29-7-2020.

Sources

1. Hussein Ali Al-Saadi, The Basics of Environmental and Pollution, Dar Al-Yazuri Scientific for Publishing and Distribution, Amman, 2006.
2. Abdul Muti Al-Khafaf, Environmental Protection from Industrial Pollution “A sustainable methodology for the development of human resources in the fields of the environment”, Arab Federation for Engineering Industries, General Secretariat, Department of Studies, 2002.
3. Muhammad Ibrahim Muhammad Shehata, Air Pollution, the Silent Killer and How to Confront it, Dar Al-Arabiya for Books, second edition, Egypt, 2008
4. https://sentinel.esa.int/web/sentinel/missions/sentinel-5p
5. Ali Hussein Musa, Air Pollution, Dar Al-Fikr, Damascus, second edition, 1966.
6. Kazem Abdul-Wahhab Al-Asadi, The Repetition of Atmospheric Depression and Its Impact on Iraq's Weather and Climate, Master's Thesis (unpublished), College of Arts, University of Basra, 1998.
7. Maitham Abdullah Sultan Al-Maliki, Study of pollutants, water and soil in the city of Baghdad using geographic information systems (GIS), PhD thesis (unpublished), College of Science, University of Baghdad, 2005.
8. Abdullah Salem Abdullah Al-Maliki, the seasonal relationship between wind erosion of the soil and the recurrence of dusty weather phenomena in Wasit Governorate, Journal of Geographical Research, Issue Seven, College of Education for Girls, University of Kufa, 2006.
9. Ahmed Jarallah Al-Jarallah, A quantitative analysis of the factors affecting the variation of air pollutants in the oil cities of Saudi Arabia, Alexandria, Journal of the Faculty of Arts, Alexandria University, Volume forty-four, 1966.
10. Othman Mahdari Hashem Al-Ahbabi, Spatial Modeling of Large Industries in Salah Al-Din Governorate, PhD thesis (unpublished), unpublished, College of Education for Human Sciences, Tikrit University, 2020.
11. Imad Mutair Khalif Al-Shammari and Nihad Khudhair Kazem Al-Kinani, Environment and Pollution, "A Study of Environmental Pollution in Iraq", Al-Aric Press,
12. Khalaf, Salim Jassim, Determination of toxic gaseous Wasterodcts and the relation of that with Biochemical and hematological indices in individuals working in the north Oil company region, master, College of Medicine ,University of Tikrit, 2004.
13. Khalid bin Muhammad Al Qasimi, and Wajih Jamil Al-Baini, Gulf Environment Protection, Modern University Office, Egypt, 2008.
14. Mr. Muhammad al-Hasani al-Shirazi, Environmental Jurisprudence, Islamic Awareness Foundation, first edition, Beirut, Lebanon, 2000.
15. Suad Abdul-Mohsen Salikhil Al-Shammari, Spatial Variation of Cancer in Iraq, Master's Thesis (unpublished), University of Baghdad, 2004.
16. Alina Bradford (14-7-2018), "Acid Rain: Causes, Effects and Solutions" ،www.livescience.com, Retrieved 29-7-2020.
17. staff of Young People's Trust for the Environment, "Acid Rain" ،projects.ncsu.edu, Retrieved 29-7-2020. Edited.
18. Christina Nunez (28-2-2019), "What Is Acid Rain?" ،www.nationalgeographic.com, Retrieved 29-7-2020. "Acid Rain",
19. "Acid Rain and Water", www.usgs.gov, Retrieved 29-7-2020.