JOBS
مجلة العلوم الأساسية
Journal of Basic Science
Print -ISSN 2306-5249
Online-ISSN 2791-3279
العدد السابع والاربعون
٢٠٢٦م /١٤٤٨هـ
العدد السابع والاربعون
(١٨٥) (٢٠٠)

التحليل المكاني والزماني لتراكيز غاز ثاني اوكسيد الكبريت (SO_2) والكبريتات (SO_4) في العراق للمدة (١٩٩١-٢٠٢٤)

ا.د علي مهدي جواد الدجيلي
ali.al-dujaili@aliraqia.edu.iq
الجامعة العراقية /كلية الآداب /قسم الجغرافية
م.م امل زغير حاجم عبيد
المديرية العامة لتربية محافظة ذي قار / الناصرية
amal.2.hajin@alivadia.edu.iq

المستخلص

يهدف هذا البحث إلى تحليل التباين المكاني والزماني لتراكيز غاز ثاني أكسيد الكبريت (SO_2) والكبريتات (SO_4)،في عدد من محطات الرصد الجوي في العراق خلال المدة (١٩٩١-٢٠٢٤)، بالاعتماد على البيانات الشهرية والسنوية ، أظهرت النتائج وجود تباين مكاني واضح، حيث سجلت محطات الجنوب البصرة، العمارة) والوسط (بغداد) أعلى التراكيز، في حين سجلت محطات الشمال (أربيل، السليمانية، الموصل) أدنى القيم كما تبين وجود نمط زمني يتمثل بارتفاع التراكيز خلال فصلي الخريف والربيع، وانخفاضها النسبي خلال فصل الصيف، ويعزى ذلك إلى تأثير الأنشطة الصناعية والنفطية، واحتراق الوقود الأحفوري، إضافة إلى العوامل المناخية مثل الاستقرار الجوي والانقلاب الحراري، تؤكد النتائج أهمية العوامل البشرية والمناخية في تحديد انتشار هذا الملوث، وتدعو إلى تبني سياسات بيئية للحد من انبعاثاته.

الكلمات المفتاحية : التحليل المكاني الزماني لتراكيز غاز ثاني أكسيد الكبريت (SO_4)(SO_2) في العراق للمدة (١٩٩١-٢٠٢٤).

Spatiotemporal Analysis of Sulfur Dioxide (SO_2) and Sulfate (SO_4) Concentrations in Iraq (1991–2024)

Prof. Dr. Ali Mahdi Jawad Al-Dujaili
ali.al-dujaili@aliraqia.edu.iq
Al-Iraqia University | College of Arts | Department of Geography

JOBS
مجلة العلوم الأساسية
Journal of Basic Science
Print -ISSN 2306-5249
Online-ISSN 2791-3279
العدد السابع والاربعون
٢٠٢٦م /١٤٤٨هـ

Asst. Lecturer Amal Zghair Hajim Obaid
General Directorate of Education, Dhi Qar Governorate / Nasiriyah
amal.2.hajin@alivadia.edu.iq

Abstract:

This paper aims to analyze the spatial and temporal variation of sulfur dioxide (SO_2) and sulfate (SO4) concentrations in several meteorological monitoring stations in Iraq from 199 to 2024, based on monthly and annual data. The results showed clear spatial variation. The southern (Basra and Amara) and central (Baghdad) stations recorded the highest concentrations, while the northern (Erbil, Sulaymaniyah, and Mosul) stations recorded the lowest values. It was also found that there was a temporal pattern represented by the increase in concentrations during the fall and spring seasons, and their relative decrease during the summer. This is attributed to the impact of industrial and oil activities, the combustion of fossil fuels, and the impact of climatic factors such as atmospheric stability and thermal inversion. These results confirm the importance of human and climate factors in determining the spread of this pollutant, and call for the adoption of environmental policies to reduce its emissions.

Keywords: Spatio-temporal analysis of sulfur dioxide (SO_2) concentrations in Iraq for the period (1991–2024).

المقدمة (Introduction)

يعد الهواء من أهم مقومات الحياة، وأي تغير في مكوناته الطبيعية ينعكس بشكل مباشر على صحة الإنسان والبيئة، ويعد غاز ثاني أكسيد الكبريت (SO_2) من أبرز الملوثات الغازية التي تؤثر سلبا في جودة الهواء، لما يمتاز به من خصائص سامة وتآكليه ورائحة نفاذة ينتج هذا الغاز من مصادر طبيعية، مثل البراكين والينابيع الكبريتية(الربيعي ،٢٠٠٢: ١٠٢)، ومن مصادر بشرية أهمها احتراق الوقود الأحفوري (الفحم والنفط)، والأنشطة الصناعية والنفطية، فضلا عن تحرره من غاز كبريتيد الهيدروجين الناتج عن تحلل المواد العضوية، ويعد هذا الملوث مؤشرا مهما على النشاط الصناعي ومستوى التلوث في المناطق الحضرية في العراق، تتباين مصادر انبعاث SO_2 مكانيا نتيجة اختلاف طبيعة الأنشطة الاقتصادية، (الاسدي،٢٠٢١: ٢٧٧)، إذ تتركز الصناعات الثقيلة

JOBS
مجلة العلوم الأساسية
Journal of Basic Science
Print -ISSN 2306-5249
Online-ISSN 2791-3279
العدد السابع والاربعون
٢٠٢٦م /١٤٤٨هـ

والأنشطة النفطية في الجنوب، مقابل انخفاضها في الشمال، مما يؤدي إلى تباين واضح في تراكيزه، ومن هنا تبرز أهمية دراسة التوزيع الزماني والمكاني لهذا الغاز لفهم سلوكه البيئي،

مشكلة البحث (Research Problem)

تتمثل مشكلة البحث

١.ما طبيعة التباين الزماني والمكاني لتراكيز غاز ثاني اوكسيد الكبريت (SO_2)،والكبريتات (SO_4)،خلال المدة (١٩٩١_٢٠٢٤)،وما العوامل المؤثرة في هذا التباين ؟

٢.هل توجد فوارق مكانية جوهرية ذات دلالة إحصائية في تراكيز (SO))(٤SO2 بين المحطات الجنوبية والشمالية في منطقة الدراسة ؟

٣.الى أي مدى تتداخل المصادر الطبيعية والبشرية في تحديد مستويات السائدة الكبريتات(SO_4)

٤.ما اثر المحددات البيئية والعوامل البشرية في تغير تراكيز غاز ثاني اوكسيد الكبريت(SO_2)والكبريتات (SO_4)وتوزيعها المكاني والزماني في منطقة الدراسة

فرضية البحث (Hypothesis)

ينطلق البحث من فرضية مفادها:

وجد فروق مكانية وزمانية ذات دلالة في تراكيز غاز SO_2 في العراق، ترتبط بشكل رئيسي بكثافة الأنشطة الصناعية والنفطية، إضافة إلى تأثير العوامل المناخية مثل درجات الحرارة والاستقرار الجوي.

١.ترتفع تراكيز (SO_2)في المناطق الجنوبية مقارنة بالمناطق الشمالية

٢.تظهر التركيز اتجاها موسميا يتمثل بالارتفاع في فصلي الخريف والربيع والانخفاض في فصل الصيف

٣.وجود تباين مكاني واضح وملحوظ بين محطات منطقة الدراسة ،حيث سجلت مناطق الوسط والجنوب تراكيز اعلى مقارنه بالمناطق الشمالية ،مما يشير الى اختلاف في مصادر الانبعاثات

٤.يوجد تباين مكاني وزماني ذات دلالة إحصائية في تراكيز الكبريتات(SO_4)،ترتبط بالعوامل المناخية والبشرية.

٥.تتاثر تراكيز ثاني اكسيد الكبريت والكبريتات بالعوامل المناخية ،أهما درجات الحرارة والرطوبة والرياح ،اضافة الى انبعاثات الناتجة عن النشاط البشري

أهداف البحث (Objectives)

JOBS
مجلة العلوم الأساسية
Journal of Basic Science
Print -ISSN 2306-5249
Online-ISSN 2791-3279
العدد السابع والاربعون
٢٠٢٦م /١٤٤٨هـ

١. تحليل التوزيع المكاني لتراكيز غاز SO_2 والكبريتات (SO_4)،في محطات منطقة الدراسة.
٢. دراسة التغيرات الشهرية والسنوية للغاز(SO_4) (SO_2)، خلال مدة الدراسة ،(١٩٩١_٢٠٢٤) اعتمدت هذه الدراسة بيانات شهرية وسنوية لتراكيز غاز (SO)(٤S02) مستخرجة من قاعدة بيانات خدمة مراقبة الغلاف الجوي التابعة لمركز (كوبرنيكوس الأوربي)(CAMS) https://cds.climate.copernicus.eu وهي بيانات اعادة تحليلها بدقة مكانية وزمانية عالية
٣. تفسير العلاقة بين التراكيز والعوامل البشرية والمناخية، وتحدد المناطق الاكثر تلوثا وتقييم خطورتها البيئية

منهجية البحث (Methodology)

١. اعتمدت الدراسة في جمع بياناتها الميدانية والبيئية الخاصة بتراكيز غاز ثاني أكسيد الكبريت (٢SO) والكبريتات (٤SO) للمدة (١٩٩١–٢٠٢٤) على البيانات الفضائية والنماذج المناخية الصادرة عن الإدارة الوطنية للعلمية الجوية والفضاء الأمريكية (NASA)، والمستحصلة عبر تقنيات الاستشعار عن بعد وتطبيقات الأقمار الاصطناعية.
٢. على البيانات الشهرية والسنوية لتراكيز(SO_2_(SO_4 للفترة (١٩٩١–٢٠٢٤)، وقد قسمت الدراسة الى ثلاث فترات زمنية متساوية كل منها احد عشر عاما الفترة الاولى (١٩٩١_٢٠٠٢) والفترة الثانية(٢٠٠٣_٢٠١٣) والفترة الثالثة (٢٠١٤_٢٠٢٤)
٣. التحليل الإحصائي الوصفي المعدلات الشهرية والسنوية.
٤. المقارنة المكانية بين المحطات شمال، وسط، جنوب.

البعد المكاني (Spatial Dimension)

يمتد البعد المكاني للدراسة ليشمل مجموعة من محطات الرصد الجوي الموزعة على أقاليم العراق المختلفة، بما يحقق تمثيلا جغرافيا متكاملا للتباين البيئي، إذ تضم الدراسة محطات الشمال (الموصل، السليمانية، أربيل)، ومحطات الوسط (بغداد، الرطبة)، ومحطات الجنوب (الناصرية، العمارة، البصرة)، ويتيح هذا التوزيع المكاني تحليل الفروقات في تراكيز غاز ثاني أكسيد الكبريت (SO_2)و(SO_4) وفق اختلاف الخصائص الطبيعية والبشرية لكل إقليم، حيث تتميز المناطق الجنوبية بكثافة الأنشطة النفطية والصناعية، في حين تتسم المناطق الشمالية بانخفاض مصادر الانبعاث وتحسن التهوية الجوية، وعليه، يوفر هذا الامتداد المكاني إطارا تحليليا واضحا لدراسة

JOBS
مجلة العلوم الأساسية
Journal of Basic Science
Print -ISSN 2306-5249
Online-ISSN 2791-3279
العدد السابع والاربعون
٢٠٢٦م /١٤٤٨هـ

التدرج الجغرافي للتلوث من الجنوب نحو الشمال، والكشف عن أنماط التباين المكاني المرتبطة باستخدامات الأرض والظروف المناخية.

البعد الزماني (Temporal Dimension)

يغطي البعد الزماني للدراسة مدة ممتدة من عام (١٩٩١ إلى ٢٠٢٤)،وهي فترة كافية لرصد التغيرات طويلة الأمد في تراكيز غاز(SO_2 SO٤)،وتحليل اتجاهاتها الزمنية،كما اعتمدت الدراسة على بيانات شهرية وسنوية، مما أتاح تحليل التباين الزمني على مستويين شهري وسنوي ،وقد مكن هذا الامتداد الزمني من الكشف عن النمط الموسمي لتراكيز الملوثات، حيث ترتفع خلال فصلي الخريف والربيع وتنخفض صيفا، فضلا عن تتبع التغيرات المرتبطة بتطور الأنشطة الصناعية والنفطية والظروف المناخية

أولًا: خصائص الملوثات (غاز ثاني أكسيد الكبريت (SO_2)_الكبريتات ٢SO)

يعد غاز ثاني أكسيد الكبريت (SO_2) من الملوثات الغازية الأولية المهمة في الغلاف الجوي، ويتميز بعدد من الخصائص الفيزيائية والكيميائية التي تحدد سلوكه البيئي، فهو غاز عديم اللون ذو رائحة نفاذة تشبه رائحة الكبريت المحترق، غير قابل للاشتعال، ويتميز بقابليته العالية للذوبان في الماء، حيث يذوب مكونا حمض الكبريتوز (H_2SO_3)، مما يجعله من الغازات الفعالة في تكوين الأمطار الحمضية(السروي ،٢٠٠٩: ١٩٣).

كما يمتلك SO_2 خواصا تآكلية تؤثر في المواد المعدنية والإنشائية كيميائيا، يعد غازا تفاعليا، أما مصادرة البشرية فهي احتراق الوقود وصهر المعادن وتكرير النفط ومعامل الطابوق ،ومحطات توليد الطاقة الكهربائية ،ويدخل ايضا في صناعة ،اما الكبريتات (SO_4) من الأيونات السالبة المهمة في الغلاف الجوي، إذ تتكون من ذرة كبريت واحدة واربع ذرات أوكسجين، وتوجد غالبا ضمن الجسيمات الدقيقة العالقة في الهواء على شكل هباء جوي، مثل كبريتات الأمونيوم أو رذاذ حمض الكبريتيك، وتنش الكبريتات بوصفها ملوثا ثانويا نتيجة أكسدة غاز ثاني أوكسيد الكبريت (SO_2) في الظروف الجوية المختلفة، ولاسيما في بيئات ذات رطوبة نسبية مرتفعة.

كما تسهم الكبريتات عن دورها في تشتيت الإشعاع الشمسي والتأثير في التوازن الإشعاعي للأرض وتسهم الكبريتات كذلك في تقليل مدى الرؤية الأفقية نتيجة مشاركتها في تكوين الضباب الدخاني، إلى جانب تأثيراتها الصحية السلبية، خصوصاً على الجهاز التنفسي للإنسان، وتتأثر تراكيزها في الغلاف الجوي بعدد من العوامل، أبرزها الظروف المناخية مثل درجة الحرارة والرطوبة والرياح،

JOBS
مجلة العلوم الأساسية
Journal of Basic Science
Print -ISSN 2306-5249
Online-ISSN 2791-3279
العدد السابع والاربعون
٢٠٢٦م /١٤٤٨هـ

فضلا عن العوامل البشرية المتمثلة في احتراق الوقود الأحفوري والأنشطة الصناعية، مما يجعلها من الملوثات المرتبطة بشكل وثيق بالنشاط البشري والظروف البيئية المحلية(السعدي ،٢٠٠٦: ٣٥٧)

ثانيًا: مخاطر غاز(SO_2 (SO_4))

١. المخاطر الصحية

يمثل SO_2 خطرا مباشرا على صحة الإنسان، خاصة الجهاز التنفسي، حيث ،يسبب تهيج الأغشية المخاطية للأنف والحنجرة والعينين يؤدي إلى تضيق الشعب الهوائية وصعوبة التنفس، خصوصا لدى مرضى الربو يزيد من احتمالية الإصابة بالأمراض التنفسية المزمنة مثل التهاب القصبات يمكن أن يؤدي التعرض المرتفع إلى انخفاض كفاءة الرئة ، تعد الكبريتات من الملوثات الجوية الدقيقة التي تحمل آثارا بيئية وصحية ملحوظة، نظرا لوجودها ضمن الجسيمات الدقيقة العالقة في الهواء، وقدرتها على البقاء لفترات زمنية طويلة والانتقال لمسافات واسعة، فمن الناحية البيئية، تسهم الكبريتات بشكل رئيس في تكوين الأمطار الحامضية نتيجة تفاعلها مع بخار الماء في الغلاف الجوي، الأمر الذي يؤدي إلى تحمّض التربة والمسطحات المائية، مما ينعكس سلبا على خصوبة التربة ويؤثر في الكائنات الحية والنباتات، كما تسبب هذه الأمطار تآكل المباني والمنشآت، خاصة تلك المصنوعة من الحجر الجيري والمعادن كما تؤثر الكبريتات في التوازن الإشعاعي من خلال تشتيت الإشعاع الشمسي، مما يؤدي إلى تقليل كمية الطاقة الواصلة إلى سطح الأرض، وهو ما قد يسهم في تغيرات مناخية محلية، إضافة إلى ذلك، فإنها تلعب دورا مهماً في تكوين الضباب الدخاني، مما يؤدي إلى انخفاض مدى الرؤية الأفقية، ويؤثر في حركة النقل الجوي والبري أما من الناحية الصحية فتعد الكبريتات من مكونات الجسيمات الدقيقة (٢.٥PM) التي يمكن أن تخترق الجهاز التنفسي وتصل إلى أعماق الرئتين، مسببة تهيج الجهاز التنفسي وزيادة معدلات الإصابة بأمراض مثل الربو والتهاب الشعب الهوائية، كما ترتبط بالتأثيرات القلبية الوعائية، خاصة عند التعرض طويل الأمد أو في المناطق ذات التراكيز المرتفعة، وتزداد خطورة هذه الملوثات لدى الفئات الحساسة مثل الأطفال وكبار السن ومرضى الجهاز التنفسي. (اسلام ،١٩٧٨: ٣١)

٢. المخاطر البيئية :

يسهم في تكوين الأمطار الحمضية التي تؤدي إلى تدهور التربة وفقدان خصوبتها وتضرر الغطاء النباتي والمحاصيل الزراعية، ومن الأعراض التي تظهر على النباتات نتيجة التعرض المستمر لهذا الغاز هو اصفرار الأورلق المصحوبة بلون أحمر بين العروق ويتبع ذلك جفاف

JOBS
مجلة العلوم الأساسية
Journal of Basic Science
Print -ISSN 2306-5249
Online-ISSN 2791-3279
العدد السابع والاربعون
٢٠٢٦م /١٤٤٨هـ

وموت الأنسجة المصابة ثم سقوط الأوراق ،مع مادة الكروفيل الخضراء في النبات ،من ثم يختفي اللون ويتحول الى اللون الصفر(عبد الحميد ،١٩٨٧: ٢٩٢)،وتلوث المياه السطحية يدخل في تكوين الجسيمات الدقيقة ($PM_{2.5}$) التي تقلل من جودة الهواء كذلك يؤثر على النظم البيئية ويخل بتوازنها، بالإضافة الى التأثيرات على المواد والمنشآت كذلك يسبب تآكل المعادن، يؤدي إلى تلف الأبنية والآثار، خاصة الحجر الجيري والرخام، يسرع من عمليات التدهور الكيميائي للمواد(فروحة ،١٩٨٩ : ٢٥)

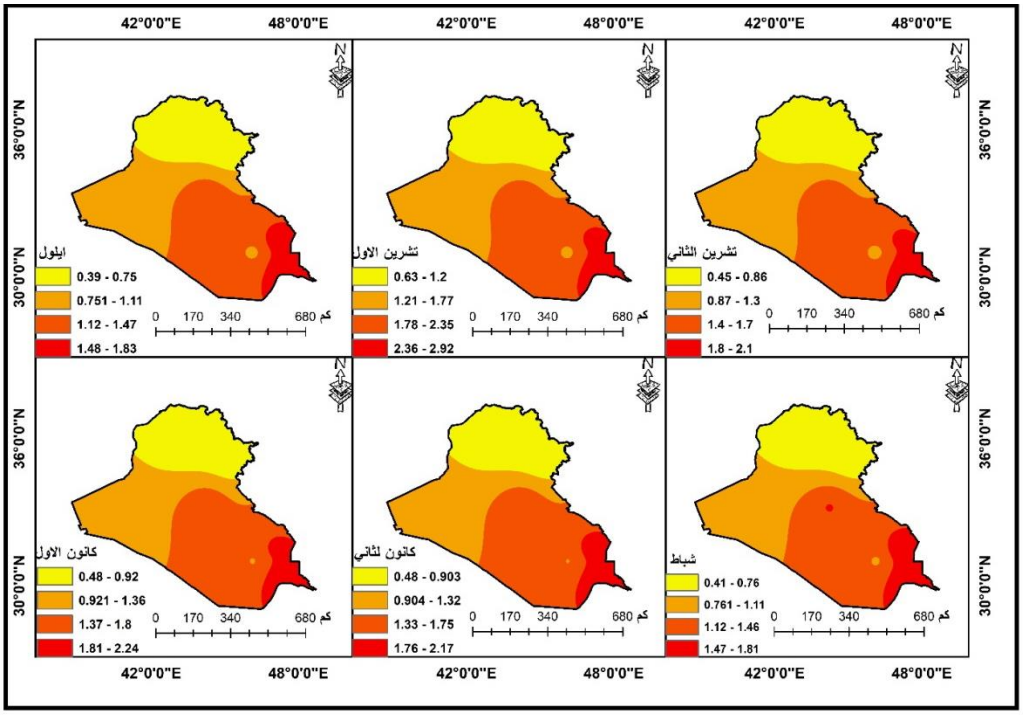
اتضح من الجدول(١) والخريطة(١) الخاص بالمعدل الشهري والسنوي لغاز ثاني أوكسيد الكبريت (SO_2) في محطات منطقة الدراسة للمدة (١٩٩١–٢٠٢٤) وجود تباين زماني ومكاني واضح في تراكيز الملوث بين المحطات، إذ ارتبطت قيم الغاز بدرجة النشاط الصناعي والنفطي وكثافة استهلاك الوقود الأحفوري، فضلا عن تأثير الظروف المناخية السائدة في مناطق العراق المختلفة، ويعد غاز ثاني أوكسيد الكبريت من الملوثات الرئيسة الناتجة عن احتراق الوقود المحتوي على الكبريت، خاصة في الصناعات النفطية ومحطات توليد الطاقة (الموسوي والمرياني ،٢٠١٨: ٩٥)

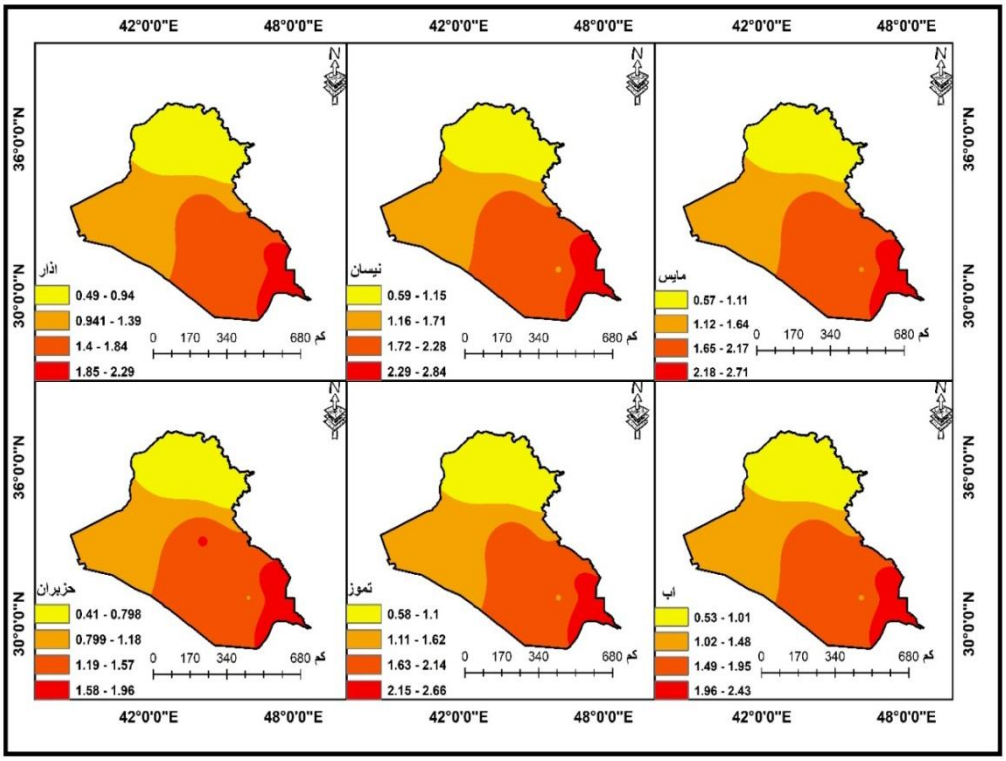
الجدول(١)تراكيز الشهري والسنوية لغاز SO_2 ppm في محطات منطقة الدراسة للمدة (١٩٩١ – ٢٠٢٤)

	ايلول	ت١	ت٢	ك١	ك٢	شباط	اذار	نيسان	مايس	حزيران	تموز	اب	المعدل السنوي
الموصل	0.54	0.83	0.59	0.66	0.64	0.55	0.66	0.82	0.80	0.60	0.78	0.74	0.67
السليمانية	0.45	0.72	0.50	0.56	0.55	0.46	0.56	0.69	0.68	0.51	0.66	0.62	0.57
اربيل	0.39	0.63	0.45	0.48	0.48	0.41	0.49	0.59	0.57	0.41	0.58	0.53	0.49
بغداد	1.39	2.17	1.56	1.70	1.69	1.47	1.65	2.20	2.06	1.59	1.93	1.87	1.76
الرطبة	0.93	1.45	1.05	1.15	1.11	0.92	1.13	1.46	1.35	1.03	1.28	1.21	1.16
الناصرية	1.07	1.72	1.21	1.35	1.32	1.09	1.40	1.70	1.63	1.18	1.61	1.47	1.38
العمارة	1.59	2.45	1.72	1.87	1.87	1.61	1.92	2.53	2.31	1.76	2.21	2.09	1.98
البصرة	1.83	2.92	2.07	2.24	2.17	1.81	2.29	2.84	2.71	1.96	2.66	2.43	2.32

JOBS
مجلة العلوم الأساسية
Journal of Basic Science
Print -ISSN 2306-5249
Online-ISSN 2791-3279
العدد السابع والاربعون
٢٠٢٦م /١٤٤٨هـ

خرائط (١) تراكيز الشهرية لغاز SO_2 في محطات منطقة الدراسة للمدة (١٩٩١ – ٢٠٢٤)





JOBS
مجلة العلوم الأساسية
Journal of Basic Science
Print -ISSN 2306-5249
Online-ISSN 2791-3279
العدد السابع والاربعون
٢٠٢٦م /١٤٤٨هـ

المصدر من عمل الباحثة :بالاعتماد على بيانات الجدول(١) برنامج GIS١٠.

فعلى مستوى التباين الزماني، أظهرت النتائج ارتفاع تراكيز غاز ثاني أوكسيد الكبريت خلال أشهر الخريف والربيع، ولاسيما في تشرين الأول ونيسان، نتيجة زيادة الانبعاثات الصناعية والنفطية من جهة، وتأثير حالات الاستقرار الجوي وضعف التشتت الهوائي من جهة أخرى، وقد سجلت محطة البصرة أعلى قيمة شهرية بلغت (٢.٩٢ ppm) خلال شهر تشرين الأول، تلتها محطة العمارة بقيمة (٢.٥٣ ppm) خلال شهر نيسان، ثم محطة بغداد بقيمة (٢.٢٠ ppm)، في حين سجلت محطتي الموصل والسليمانية وأربيل قيما أقل تراوحت بين (٠.٣٩–٠.٨٣ ppm)،حيث تسهم العوامل المناخية في تباين ملوثات الهواء ،اذ يؤدي الاستقرار الجوي وضعف الرياح خلال فصلي الخريف والربيع الى تراكم الملوثات قريب السطح (الجبوري ،٢٠٢٣: ١١٦)

أما خلال أشهر الشتاء وبعض أشهر الصيف، فقد انخفضت تراكيز الغاز نسبيا في معظم المحطات، خاصة خلال شهري أيلول وشباط، نتيجة تحسن نسبي في عمليات التهوية الجوية أو انخفاض شدة بعض مصادر الانبعاث الموسمية، وقد سجلت محطة أربيل أدنى قيمة شهرية بلغت (٠.٣٩ ppm) خلال شهر أيلول، تلتها محطة لسليمانية (٠.٤٥ ppm)، ثم محطة الموصل (٠.٥٤ ppm)، في حين بقيت المحطات الجنوبية، ولاسيما محطتي البصرة والعمارة، محافظة على مستويات مرتفعة نسبيا طوال اشهر السنة،ويعود انخفاض التراكيز في المحطات الشمالية الى جملة من العوامل ،منها تحسين ظروف التهوية الجوية والتضاريس الجبلية ،وارتفاع معدلات الامطار التي تعمل على اذابة غاز(SO_2)وازالتها في الهواء(الموسوي والمرياني ،٢٠١٨: ٩٢)

ويظهر التدرج الشهري للمحطات أن أعلى تراكيز غاز ثاني أوكسيد الكبريت تركزت في محطة البصرة، تلتها العمارة، ثم محطتي بغداد والناصرية، في حين جاءت محطة الرطبة ضمن المستوى المتوسط، بينما سجلت المحطات الشمالية الموصل والسليمانية وأربيل أدنى التراكيز بصورة عامة، ويعكس هذا النمط تأثير الأنشطة النفطية والصناعية ومحطات إنتاج الطاقة في جنوب ووسط العراق، فضلا عن ارتفاع معدلات احتراق الوقود الأحفوري في تلك المناطق، وصهر المعادن

أما على مستوى التباين المكاني السنوي، فقد سجلت محطة البصرة أعلى معدل سنوي لغاز ثاني أوكسيد الكبريت بلغ (٢.٣٢ ppm)، تلتها محطة العمارة (١.٩٨ ppm)، ثم محطة بغداد (١.٧٦ ppm)، ومحطة الناصرية (١.٣٨ ppm)، في حين سجلت محطة الرطبة معدلا متوسطا

JOBS
مجلة العلوم الأساسية
Journal of Basic Science
Print -ISSN 2306-5249
Online-ISSN 2791-3279
العدد السابع والاربعون
٢٠٢٦م /١٤٤٨هـ

بلغ (١.١٦ ppm)، بينما سجلت محطة الموصل (٠.٦٧ ppm) و محطة السليمانية (٠.٥٧ ppm) و محطة أربيل (٠.٤٩ ppm) أدنى المعدلات السنوية.

ويشير هذا التوزيع المكاني إلى تركز مركز ثقل ملوث ثاني أوكسيد الكبريت في المنطقة الجنوبية من العراق، ولاسيما في محطتي البصرة والعمارة، نتيجة تمركز الصناعات النفطية وعمليات استخراج وتكرير النفط ومحطات الطاقة والانبعاثات الصناعية المرتبطة باحتراق الوقود المحتوي على الكبريت، في حين، تنخفض تراكيز الملوث في المحطات الشمالية بسبب انخفاض كثافة النشاط الصناعي والنفطي، والسيطرة على حرائق الكبريت في حقل المشراق ،كذلك تحول نحو الغاز الطبيعي في محطات الكهرباء كما في السليمانية واربيل التي تعتمد على توليد الطاقة الكهربائية بشكل متزايد على الغاز الطبيعي المصاحب بدلا من النفط الاسود، اما العامل الجغرافي تتميز المناطق الشمالية بمعدلات امطار اعلى وتضاريس جبلية ،حيث تعمل الامطار في الشمال على غسل الجو من الغازات الحامضية، حيث يتفاعل غاز (SO_2مع قطرات المطر ليتكون حمض الكبريتيك المخفف الذي يسقط على الأرض، مما يقلل من تراكيز الغاز في الهواء، وتحسن ظروف التهوية الجوية وتأثير التضاريس (الاحمدي واخرون،٢٠١١ :١٠٨_١١٠).

الكبريتات (SO_4)

الكبريتات هي أيونات سالبة تتكون من ذرة كبريت واحدة وأربع ذرات أوكسجين في الغلاف الجوي، غالبا على شكل هباء جوي مثل كبريتات الامونيوم أو رذاذ حمض الكبريتيك ،وهي المكون الرئيس لما يعرف بالأمطار الحامضية، تتمثل مصادره البشرية من احتراق الوقود الأحفوري عالي التركيب خاصة في محطات انتاج الطاقة والمصافي النفطية ،وعمليات استخراج الغاز الطبيعي والنفط، اما المصادر الطبيعية فتشمل الاتربة او الغبار والنشاط البركاني((Nouri, ٢٠١٩: ٤٥)

من الشكل(٢) والخريطة(٢) الخاصة بالمعدل الشهري والسنوي لغاز الكبريتات (SO_4) في محطات منطقة الدراسة للمدة (١٩٩١-٢٠٢٤) وجود تباين زماني ومكاني واضح في تراكيز الملوث بين المحطات، إذ ارتبطت قيمها بدرجة النشاط الصناعي والنفطي وطبيعة الظروف المناخية السائدة .

التباين الزماني: أظهرت النتائج ارتفاع تراكيز الكبريتات خلال أشهر الخريف والشتاء، ولاسيما في شهري تشرين الثاني وكانون الأول، نتيجة زيادة عمليات الاحتراق وضعف التهوية الجوية وارتفاع

JOBS
مجلة العلوم الأساسية
Journal of Basic Science
Print -ISSN 2306-5249
Online-ISSN 2791-3279
العدد السابع والاربعون
٢٠٢٦م /١٤٤٨هـ

حالات الاستقرار الحراري، الأمر الذي يسهم في تراكم الملوثات قرب سطح الأرض، وقد سجلت محطتا بغداد والبصرة أعلى قيمة شهرية بلغت (٦.٣٠ ppm) خلال شهر كانون الأول، تلتها محطتي العمارة والناصرية بقيم بلغت (٦.٠٦ ppm)، ثم محطتي السليمانية والموصل بقيم تراوحت بين (٤.٤٧–٤.٥١ ppm)، في حين سجلت محطة أربيل أدنى التراكيز الشهرية التي تراوحت بين (٠.٥٠–٢.٦٨ ppm).

الجدول(٢)التراكيز الشهرية والسنوية لغاز SO_4 ppm في محطات منطقة الدراسة للمدة (١٩٩١ – ٢٠٢٤)

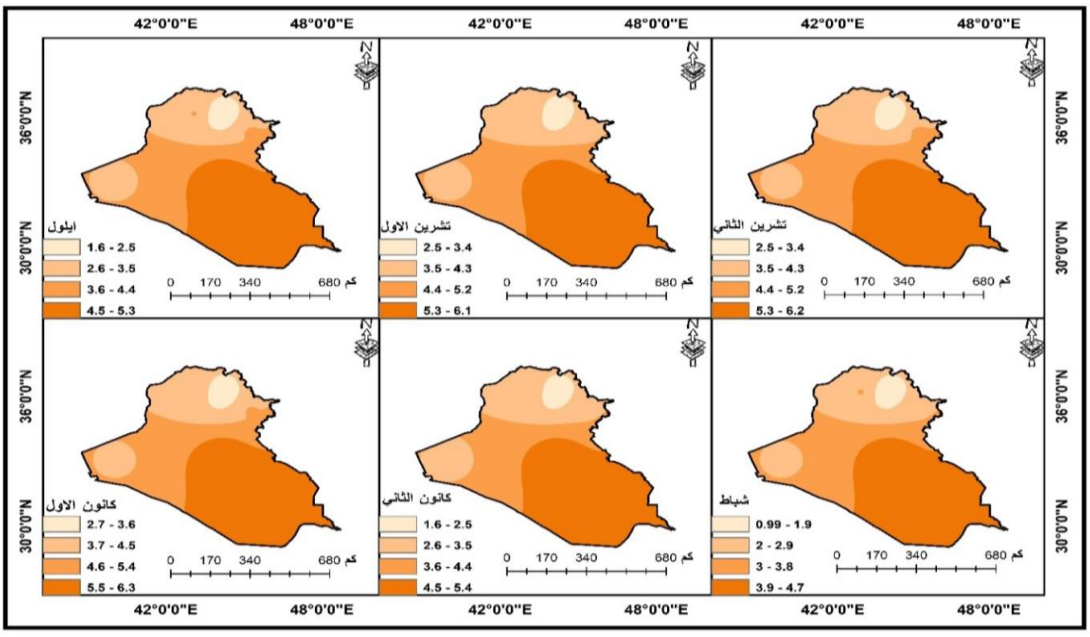
المحطات	ايلول	ت١	ت٢	ك١	ك٢	شباط	اذار	نيسان	مايس	حزيران	تموز	اب	المعدل السنوي
الموصل	3.47	4.25	4.29	4.47	3.48	2.87	2.35	2.42	2.65	2.92	2.67	3.21	3.25
السليمانية	3.49	4.26	4.35	4.51	3.45	2.83	2.33	2.39	2.65	2.93	2.66	3.24	3.25
اربيل	1.58	2.46	2.45	2.68	1.60	0.99	0.50	0.56	0.83	1.10	0.80	1.41	1.41
بغداد	5.33	6.14	6.17	6.30	5.37	4.71	4.22	4.25	4.53	4.75	4.47	5.10	5.11
الرطبة	3.34	4.20	4.22	4.40	3.35	2.76	2.23	2.31	2.53	2.80	2.49	3.13	3.14
الناصرية	5.00	5.85	5.90	6.06	5.00	4.37	3.90	3.97	4.19	4.46	4.22	4.75	4.81
العمارة	5.04	5.87	5.90	6.06	5.10	4.43	3.93	4.00	4.22	4.48	4.26	4.78	4.84
البصرة	5.24	6.10	6.15	6.30	5.24	4.61	4.15	4.18	4.48	4.69	4.44	5.08	5.05

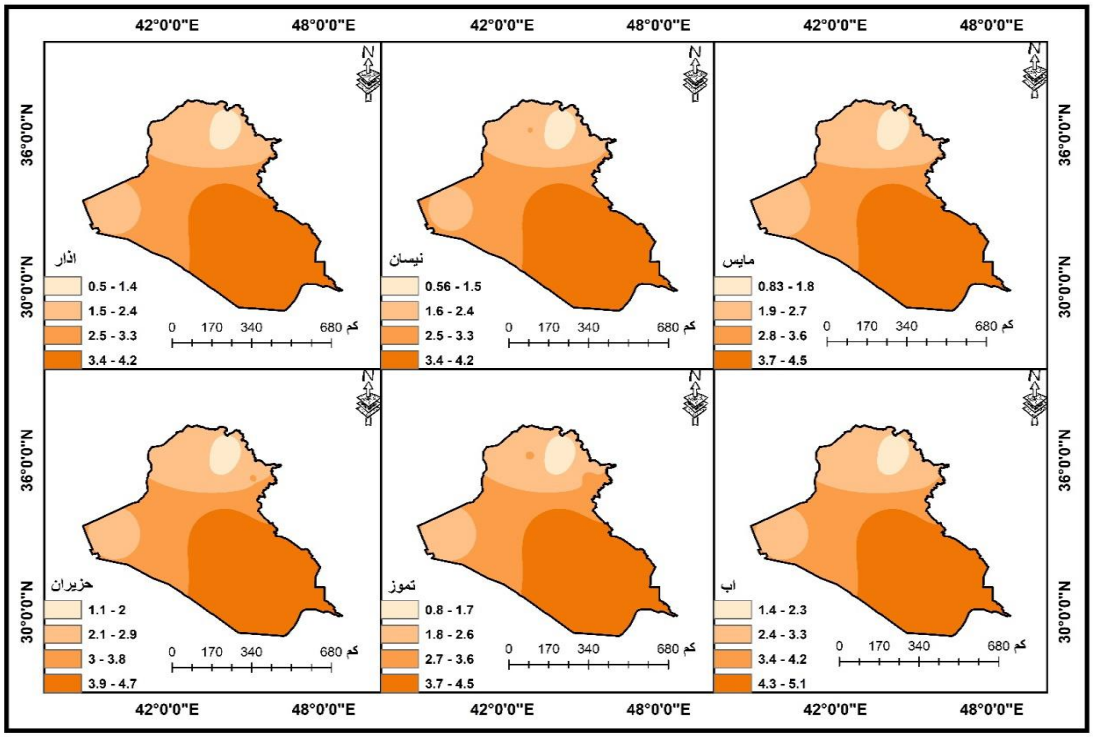
المصدر :عمل الباحثة بالاعتماد:https://cds.climate.copernicus.eu

مجلة العلوم الاساسية
للعلوم التربوية والنفسية وطرائق التدريس للعلوم الاساسية

JOBS
مجلة العلوم الأساسية
Journal of Basic Science
Print -ISSN 2306-5249
Online-ISSN 2791-3279
العدد السابع والاربعون
٢٠٢٦م /١٤٤٨هـ

الخريطة(٢) التراكيز الشهرية والسنوية لغاز SO_4 ppm في محطات منطقة الدراسة للمدة (١٩٩١ – ٢٠٢٤





JOBS
مجلة العلوم الأساسية
Journal of Basic Science
Print -ISSN 2306-5249
Online-ISSN 2791-3279
العدد السابع والاربعون
٢٠٢٦م /١٤٤٨هـ

المصدر من عمل الباحثة :بالاعتماد على بيانات الجدول(٢) برنامج GIS١٠.٨

أما خلال فصل الربيع وبداية الصيف، فقد انخفضت تراكيز الكبريتات بصورة ملحوظة في معظم المحطات، خاصة خلال شهري آذار ونيسان، نتيجة تحسن التهوية الجوية وزيادة الخلط الرأسي والتشتت الهوائي، وقد سجلت محطة أربيل أدنى قيمة شهرية بلغت (٠.٥٠ ppm) خلال شهر آذار، تلتها محطتي الرطبة والسليمانية، في حين استمرت محطة بغداد والمحطات الجنوبية بتسجيل قيم مرتفعة نسبيا مقارنة ببقية المحطات.

ويظهر التدرج الشهري للمحطات أن أعلى التراكيز تركزت في محطة بغداد، تلتها البصرة، ثم العمارة فالناصرية، في حين جاءت محطتي الموصل والسليمانية ضمن الفئة المتوسطة، بينما سجلت محطتي الرطبة وأربيل أدنى التراكيز بصورة عامة، ويعكس هذا النمط تأثير الأنشطة النفطية والصناعية وكثافة استهلاك الوقود الأحفوري في وسط وجنوب العراق، فضلا عن تأثير الانبعاثات الحضرية والصناعية (الاسدي ،٢٠٢١: ٢٧٧)

أما على مستوى التباين المكاني السنوي، فقد اتضح أن محطة بغداد سجلت أعلى معدل سنوي لغاز الكبريتات بلغ (٥.١١ ppm)، تلتها محطة البصرة (٥.٠٥ ppm)، ثم محطة العمارة (٤.٨٤ ppm)، ومحطة الناصرية (٤.٨١ ppm)، في حين سجلت محطتي الموصل والسليمانية معدلات متوسطة بلغت (٣.٢٥ ppm)، و محطة الرطبة (٣.١٤ ppm)، بينما سجلت محطة أربيل أدنى معدل سنوي بلغ (١.٤١ ppm).

ويشير هذا التوزيع المكاني إلى تركز مركز ثقل ملوث الكبريتات في المنطقة الوسطى والجنوبية من العراق، ولاسيما في محطتي بغداد والبصرة، اتسمت الكبريتات بنمط فصلي واضح إذ بلغت ذروتها خلال أشهر الشتاء ، ويعود ذلك إلى العوامل المناخية وانخفاض درجات الحرارة وارتفاع الرطوبة النسبية، التي تسرع من تحول الغازات إلى دقائق كبريتات ،بالإضافة الى الاستقرار الجوي والانعكاس الحراري التي تمنع تشتت الهباء الجوي وتودي الى تراكمه فوق المدن، وتعد الكبريتات هي المسؤولة عن ظاهرة الامطار الحامضية في العراق ،عند تفاعلها مع بخار الماء، كما توثر سلبا على الرؤية الافقية لضباب الدخاني ،والتي تسبب مخاطر صحية وتنفسية للسكان في المناطق القريبة من مصادر الانبعاثات.

تشير القراءة التحليلية للنتائج المرصودة للفترة .

الاستنتاجات

JOBS
مجلة العلوم الأساسية
Journal of Basic Science
Print -ISSN 2306-5249
Online-ISSN 2791-3279
العدد السابع والاربعون
٢٠٢٦م /١٤٤٨هـ

١ _ أظهرت نتائج الدراسة وجود تباين زماني واضح في تراكيز الكبريتات خلال مدة الدراسة (١٩٩١–٢٠٢٤)، إذ ترتفع في فصلي الخريف والشتاء وتنخفض في فصلي الربيع والصيف، نتيجة تغير الظروف المناخية ، يسجل جنوب ووسط العراق مركزاً ثقليا للتلوث،سجلت المحطات الجنوبية (البصرة، العمارة، الناصرية) والوسطى (بغداد) أعلى المعدلات السنوية والشهرية للملوثين، إذ بلغت القيمة السنوية الأعلى (SO٢)في البصرة (٢.٣٢ ppm) تليها العمارة ثم بغداد، بينما سجلت بغداد أعلى معدل سنوي للكبريتات SO_٤ بـ (٥.١١ ppm) تليها البصرة.

٢_انخفاض التراكيز في المحطات الشمالية، حيق سجلت المحطات الشمالية (أربيل، السليمانية، الموصل) أدنى مستويات التلوث على مدار مدة الدراسة، حيث سجلت أربيل أدنى معدل سنوي (ppm))(٠.٤٩SO2) و ppm (١.٤١SO4).

٣_دور الأنشطة البشرية والنفطية،يعزى تركز التلوث في الجنوب والوسط إلى كثافة الأنشطة النفطية استخراج وتكرير وانتشار الصناعات الثقيلة، ومحطات توليد الكهرباء التي تعتمد على احتراق الوقود الأحفوري.

٤_تأثير العوامل الجغرافية الطبيعية في شمال منطقة الدراسة، يرجع انخفاض التراكيز شمالا إلى عوامل طبيعية وتشغيلية، منها التهوية الجوية الجيدة، والتضاريس الجبلية، وارتفاع معدلات الأمطار التي تعمل على "غسل الغلاف الجوي، فضلاً عن التحول الملحوظ نحو استخدام الغاز الطبيعي بدلاً من النفط الأسود في محطات الطاقة.

٥_غاز(SO٢)ترتفع تراكيزه بشكل ملحوظ خلال فصلي الخريف والربيع (مع تسجيل الذروة في أشهر مثل تشرين الأول ونيسان)، وتنخفض نسبياً في الصيف.

٦_الكبريتات (SO٤)تبلغ ذروة تراكيزها خلال أشهر الخريف والشتاء (تحديداً تشرين الثاني وكانون الأول)، بينما تنخفض بشكل واضح في الربيع وبداية الصيف.

_7دور الظروف الجوية والمناخية في التراكم، ترتبط الارتفاعات الموسمية بحالات الاستقرار الجوي، والانقلاب الحراري، وضعف الرياح والتشتت الهوائي، مما يمنع تصاعد الملوثات ويؤدي إلى تراكمها بالقرب من سطح الأرض.

٨_الارتباط التراكمي بين(SO٢ و SO٤)يعد غاز ثاني أكسيد الكبريت ملوثا أوليا مباشرا يتفاعل في الغلاف الجوي ليتشكل منه هباء الكبريتات كملوث ثانوي.

JOBS
مجلة العلوم الأساسية
Journal of Basic Science
Print -ISSN 2306-5249
Online-ISSN 2791-3279
العدد السابع والاربعون
٢٠٢٦م /١٤٤٨هـ

٩_ارتفاع المخاطر الصحية البيئية، إذ يشكل هذا التلوث تهديدا كبيرا على الصحة العامة (خصوصا الجهاز التنفسي والقلب) بسبب الدقائق العالقة (٢.٥PM)، فضلاً عن التسبب في الظواهر البيئية الضارة مثل الأمطار الحمضية، تدهور التربة والغطاء النباتي، وتكون الضباب الدخاني الذي يقلل الرؤية

التوصيات

١.تقليل انبعاثات SO_2_SO من خلال تطوير تقنيات المعالجة في المصانع والمنشآت النفطية.

٢.الحد من حرق الغاز المصاحب، في المناطق الجنوبية.

٣.التحول التدريجي نحو مصادر طاقة نظيفة ومتجددة بدل الوقود الأحفوري.

٤.تعزيز وتوسيع شبكات الرصد البيئي لمراقبة الملوثات بشكل مستمر ودقيق.

٥.وضع تشريعات بيئية صارمة خاصة في المناطق ذات التراكيز المرتفعة.

٦.اعتماد التخطيط الصناعي المستدام بعيدا عن التجمعات السكانية.

٧.إجراء دراسات مستقبلية لربط تراكيز SO_2 _SO مع العوامل المناخية (الحرارة، الرياح، الرطوبة) باستخدام نماذج إحصائية متقدمة.

٨_تعزيز الوعي البيئي والصحي حول مخاطر تلوث الهواء وتأثيراته على الإنسان والبيئة.

المصادر

١.إسلام، أحمد مدحت، التلوث مشكلة العصر، سلسلة كتب شهرية يصدرها المجلس الوطني للثقافة والفنون والآداب، الكويت، ١٩٧٨.

٢.الربيعي، عدنان ياسين، التلوث البيئي، دار الكتب للطباعة والنشر، بغداد، ٢٠٠٢.

٣.السروي، أحمد، التلوث البيئي (المصادر والتأثيرات وطرق المكافحة والتحكم)، دار للنشر والتوزيع، القاهرة، ط١، ٢٠٠٩.

٤.الجبوري ،سلام احمد هاتف ،و هبة احمد فخري، احترار الاراضي واثرها على الغبار العالق في العراق للمدة ١٩٩١، ٢٠٢٣)،جامعة بغداد اكلية التربية ابن رشد ،مجلة الأستاذ للعلوم الإنسانية والاجتماعية،مجلد ٦٣ ،١، ٢٠٢٤

٥.السعدي، حسين علي، علم البيئة، الطبعة العربية، دار اليازوري للنشر والتوزيع، الأردن، ٢٠٠٨.

٦.عبد الحميد، خالد خضير، أمراض النبات العام، جامعة الموصل، ١٩٨٧.

٧.فروحة، صبري مخائيل، تلوث البيئة، بغداد، ١٩٨٩.

JOBS
مجلة العلوم الأساسية
Journal of Basic Science
Print -ISSN 2306-5249
Online-ISSN 2791-3279
العدد السابع والاربعون
٢٠٢٦م /١٤٤٨هـ

٧_ الموسوي ،على صاحب طالب ، عباس زغير المرياني التلوث الجوي في العراق دراسة بيئية مناخية ،ط١ ،٢٠١٨

References

1. Islam, Ahmed Medhat, Pollution: The Problem of Our Time, a monthly book series published by the National Council for Culture, Arts and Letters, Kuwait, 1978.
2. Al-Rubbia, Adnan Yassin, Environmental Pollution, Dar Al-Kutub for Printing and Publishing, Baghdad, 2002.
3. Al-Surer, Ahmed, Environmental Pollution (Sources, Effects, and Methods of Control and Prevention), Dar Al-Nasser Wal-Tawzi', Cairo, 1st ed., 2009.
4. Al-Sadie, Hussein Ali, Ecology, Arabic edition, Dar Al-Yazouri for Publishing and Distribution, Jordan, 2008.
5. Abdul Hamid, Khalid Khaddar, General Plant Diseases, University of Mosul, 1987.

Farouha, Sadri Mikhail, Environmental Pollution, Baghdad, 1989

مجلة العلوم الاساسية
للعلوم التربوية والنفسية وطرائق التدريس للعلوم الاساسية