تغير بعض خصائص ملوثات الهواء في مدينة كربلاء المقدسة اثناء زيارة الأربعين لعام ٢٠٢٢

م.د علي جاسم جوده الكناني
المديرية العامة لتربية بابل
lyalknany831@gmail.com

م.د دنيا شكر عباس النجار
المديرية العامة لتربية بابل جامعة القاسم الخضراء
dunia_shukr@uoqasim.edu.iq

ملخص البحث

تقدم الدراسة نهجاً جغرافياً متكاملا لتقييم جودة الهواء في مدينة كربلاء المقدسة اثناء تأدية مراسيم زيارة الاربعين، إذ تستفيد المنهجية من البيانات التي يقدمها القمر الاصطناعي Sentinel-5P وباستخدام محرك Google Earth Engine التي تعمل بنظام الكودات لجمع البيانات وتحليلها من القمر الاصطناعي Sentinel-5P، إذ تقوم أداة مهمة بجمع البيانات المفيدة لتقييم جودة الهواء من جهاز TROPOMI عبارة عن أداة استشعار متعدد الأطياف سجل انعكاس الأطوال الموجية المهمة لتراكيز (O_3) و (CH_4) و (HCHO) والهباء الجوي (Aerosol) و (CO) و (NO_2) و (SO_2) في الغلاف الجوي، والجهاز يمتلك دقة مكانية عالية تصل إلى ٠,٠١ درجة قوسية مما يمكنه من توفير بيانات دقيقة على المستوى المحلي، كما استخدمت عوامل بيئية مختلفة، بما في ذلك كثافة السكان وتركز الزائرين وكثافة حركة النقل البري بالسيارات والقطارات وزيادة عمل المصانع والمعامل والمطاعم والافران والمخابز وزيادة كمية مياه الصرف الصحي وتراكم النفايات الصلبة وزيادة عدد المواكب الخدمية وتصاعد الدخان والغاز منها في رسم خرائط التلوث على نطاق محلي. تم إنشاء نماذج دقيقة وقوية (كودات) لرصد كمية الغازات في الجو مع امكانية التوزيع المكاني للملوثات.

كلمات مفتاحية: جودة الهواء، البيئة، الملوثات، كوكل ايرث اينجن، البيانات المكانية

Change in some characteristics of air pollutants in the holy city of KarbalaDuring the Arbaeen visit for the year 2022

Mr. Ali Jassim Judeh Al-Kanani
General Directorate of Education in Babylon,

Mr. Dunya Shukr Abbas Al-Najjar
General Directorate of Education in Babylon, Al-Qasim Green University

Abstract:

The study presents an integrated geographical approach to assess air quality in the holy city of Karbala during the performance of the Arbaeen ceremonies. The methodology takes advantage of the data provided by the Sentinel-5P satellite and uses the Google Earth Engine or platform that operates with a code system to collect and analyze data from the Sentinel-5P satellite. An important tool collects data useful for evaluating air quality from the TROPOMI device، which is a multispectral sensor that recorded the reflection of important wavelengths of concentrations of (O_3) ، (CH_4) ، (HCHO)، aerosols (CO)، and (NO_2). And (SO_2) in the atmosphere، and the device has a high spatial resolution of up to 0.01 arc degree، which enables it to provide accurate data at the local level. Various environmental factors were also used، including population density، concentration of visitors، density of land transport traffic by cars and trains، and increased factory work. Factories، restaurants، ovens، and bakeries، the increase in the amount of sewage water، the accumulation of solid waste، the increase in the number of service processions، and the smoke and gas emanating from them in drawing pollution maps on a local scale. Accurate and

powerful models (codes) have been created to monitor the amount of gases in the atmosphere with the possibility of spatial distribution of pollutants.

Keywords: Air Quality، Environment،Pollutants، GEE، Spatial Data.

المقدمة:

لقد شهد تكوين الغلاف الجوي تغيرات جذرية في العقود الماضية بسبب الأنشطة البشرية، أدى الى نمو شبه أسي في سكان العالم والتصنيع إلى نمو قوي في الوقود الأحفوري وانبعاثات حرق الكتلة الحيوية. يوفر القمر الصناعي Sentinel-5P بيانات حول الملوثات في الغلاف الجوي بدقة مكانية تبلغ حوالي ٣,٥ كم × ٧ كم على الأرض مع مرور يومي تقريبًا إذ يغطي الكوكب بأكمله مما يسمح بمراقبة مستمرة ودقيقة للغلاف الجوي. ويجري تحليلاً شاملاً لنسبها باستخدام Google Earth Engine وإخراج خرائط لها في برنامج ArcMap، وتتباين نتائج التحليل بشكل كبير بين مناطق مختلفة وعلى مدار الزمن، مما يعكس التأثيرات المتغيرة للعوامل البيئية والظروف الجوية، وهذا التحليل يسلط الضوء على ضرورة الرصد المستمر والتدابير الوقائية لمواجهة التحديات البيئية المتزايدة، بهدف تحقيق بيئة صحية ومستدامة للأجيال القادمة. لقد تجاوزت تراكيز بعض الملوثات الحدود المسموح بها عالمياً اثناء تأدية مراسيم زيارة الأربعين في كربلاء المقدسة، وهذا بدوره يمكن أن يؤثر بشكل سلبي على البيئة والصحة العامة، كالتفاعلات الكيميائية التي تحدث تحت ظروف خاصة قد تؤدي إلى تكوين مواد كيميائية سامة، مما يعزز من أهمية اتخاذ إجراءات فعالة للحد من هذا التلوث والحفاظ على نوعية الهواء وسلامة البيئة في المناطق المتأثرة.

مشكلة البحث:

١. ما هو دور الجغرافيا في رصد وتحليل جودة الهواء خلال زيارة الأربعين في محافظة كربلاء؟

٢. هل تتوافق نتائج رصد قياس جودة الهواء مع المعايير العالمية؟

فرضية البحث:

١. تلعب الجغرافيا دورًا محوريًا في فهم وتقييم جودة الهواء، إذ تتيح الأدوات الجغرافية مثل نظم المعلومات الجغرافية (GIS) إمكانية رصد وتحليل جودة الهواء خلال زيارة الأربعين.

٢. هناك تفاوت في نسب الغازات فبعضها تجاوز الحدود المسموح بها عالميا.

هدف البحث:

١. قياس جودة الهواء اثناء الزيارة من بيانات الاقمار الاصطناعية بعملية الاستشعار عن بعد.

٢. مطابقة بيانات الاقمار الاصطناعية للهواء مع المعايير العالمية.

٣. ايجاد سبل بديلة لمصادر التلوث الهواء في المدينة كربلاء او استدامة المصادر الحألية.

طريقة العمل:

١. الحصول على البيانات: تم جمع البيانات من الموقع الالكتروني للقمر Sentinel-5P (https://developers.google.com5p)، لفترة زمنية محددة مع الحد الأدنى من الغطاء السحابي باستخدام Google Earth Engine.

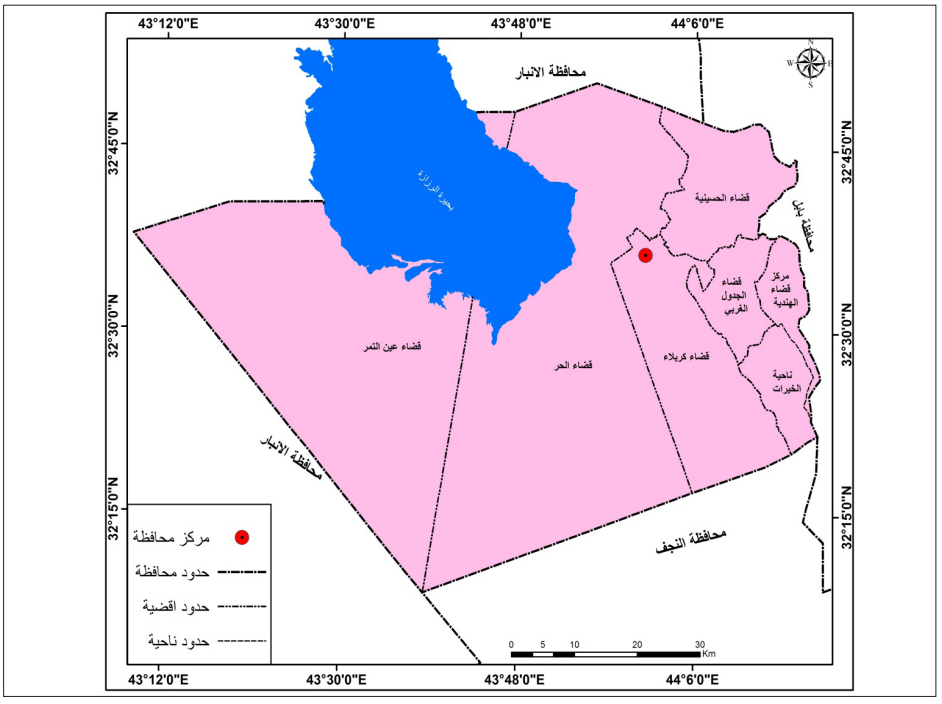
٢. تم الحصول على مجموعات البيانات البيئية الإضافية، بما في ذلك الكثافة السكانية وعدد الزائرين والمصانع والمعامل والمخابز والافران والمطاعم والمواكب الحسينية وكميات

مياه الصرف الصحي وعدد السيارات والقطارات وعدد المواكب الحسينية لنفس المدى الزمني والمكاني (مركز الدراسات والابحاث في كربلاء، ٢٠٢٢).

١. تكامل العوامل البيئية: يتم دمج مجموعات البيانات الاضافية مع مجموعة بيانات الغازات لإنشاء مجموعة بيئية شاملة.

٢. حدود البحث وتتمثل بالحدود الفلكية لمدينة كربلاء المقدسة إذ يتضح من الخريطة (١) انها تقع بين دائرتي عرض (٣٣ , ٣٢-٣٧ , ٣٢) شمالا، وبين خطي طول (١٢ , ٤٤-٤٣ , ٤٥) شرقا، اما عن الحدود الجغرافية فأنها تتمثل بمحافظة كربلاء اما عن المساحة فأنها بلغت (٥٠٣٤) كم٢، اما الحدود الزمانية فأنها اقتصرت على عشرة ايام من الزيارة بدأت بتاريخ ٨/ ٩/ ٢٠٢٢ وانتهت بتاريخ ١٧/ ٩/ ٢٠٢٢.

خريطة (١) الموقع الجغرافي لمحافظة كربلاء من العراق



المصدر: الهيئة العامة للمساحة، قسم انتاج الخرائط محافظة كربلاء بمقياس ١:٥٠٠٠٠٠، ٢٠٢٢.

المبحث الاول
الإطار النظري للبحث

سوف نستعرض بهذا المبحث عن البيانات اللازمة لزيارة الاربعين لعام ٢٠٢٢ في محافظة كربلاء المقدسة، وهي كالاتي:

١ـ اعداد السكان والزائرين في المدينة خلال الزيارة المباركة:

بلغ عدد سكان المحافظة (١،٣٥٠،٥٧٧) نسمة (اسقاطات سكان العراق لسنة ٢٠٢٢)، واثناء فترة الزيارة وصل عددهم ما يقارب (١٧) زائر (ممثلية الشعائر الحسينية في بابل ٢٠٢٢)، كما بلغ عدد الزوار الاجانب (٤٠١٢٠٤٣) زائرا (مركز الدراسات والابحاث في كربلاء،٢٠٢٢)، الامر ادى الى ان يكون المجموع الكلي للسكان مع الزائرين في كربلاء (٢٢٣٦٢٦٢٠) نسمة وهذا ولد ضغطا كبيرا على مصادر الخدمات الاخرى اثناء تأدية مراسيم زيارة الاربعين.

٢ـالصناعات الانتاجية في مدينة كربلاء: وتشمل:

١.الغذائية: وبلغ مجموعها ما يقارب (٥٠١)، تنوعت ما بين المخابز والافران وغيرها والتي كانت لابد منها ان تلبي حاجة السكان والزائرين مما ادى الى زيادة الطاقة التشغيلية لها لتصل الى اقصى طاقتها الانتاجية، وبالنتيجة هي تعمل على زيادة تلوث الغلاف الجوي.

٢.بالمنسوجات: والتي بلغ عددها (١٥١) وهي كذلك عملت على زيادة طاقاتها الانتاجية الى اقصى حدود لها وبالتالي عملت على تلوث الغلاف الجوي.

٣.الانشائية: بلغ مجموعها (٧) معامل، والتي تعمل على استخدام الوقود في الانتاج.

٣- عدد المواكب الخدمية خلال الزيارة المباركة في كربلاء:

تستقبل مدينة كربلاء المقدسة خلال ايام الزيارة الاربعينية اعداد كبيرة من المواكب الحسينية فضلا عن الهيئات الحسينية ولا يقتصر وجودها على مكان معين اذ تنتشر على طول الطرق التي يسلكها الزائرين، إذ بلغ عدد المواكب المشاركة (١٢٢٨١) موكبا من محافظات مختلفة، وكذلك بلغ عدد المواكب المشاركة من الدول الاخرى العربية والاجنبية (١٧١) موكبا، كما في جدول (١).

جدول (١) اعداد المواكب الحسينية والهيئات المحلية والاجنبية المشاركة خلال الزيارة الأربعينية في مدينة كربلاء المقدسة لعام ٢٠٢٢

اسم المحافظة	عدد المواكب	اسم الدولة	عدد المواكب
بغداد	٣٨٦٣	الجمهورية الاسلامية الايرانية	١٠٣
البصرة	١٨١٦	الجمهورية اللبنانية	١٦
كربلاء	١٥٥٥	الكويت	١٢
ذي قار	١٢٣٥	باكستان	٦
ميسان	٧٩٦	المملكة العربية السعودية	٨
الديوانية	٦٢٢	البحرين	٣
النجف	٤٣٩	تركيا	١
واسط	٥٧٦	المملكة المتحدة	٣
ديالى	٣٨٦	الهند	٤
المثنى	٤٠٤	نيجيريا	٢
بابل	٣٦٧	الجمهورية السورية	٣

كركوك	٩٩	اندونيسيا	٢
صلاح الدين	١٠٩	المانيا	١
نينوى	١٤	سلطنة عمان	٢
–	–	الولايات المتحدة الامريكية	٢
–	–	السويد	١
–	–	بلجيكيا	١
المجموع	١٢٢٨١	المجموع	١٧١

المصدر: النشرة الاحصائية السنوية لزيارة الأربعين المباركة خلال عام ٢٠٢٢، مركز الدراسات والابحاث في كربلاء، بيانات منشورة،٢٠٢٢، ص ٣٦-٣٨.

٤ـ عدد وسائل النقل في محافظة كربلاء

تشهد مدينة كربلاء المقدسة خلال الزيارة الاربعينية المقدسة تزايد في اعداد الوسائل النقلية لنقل الزوار ذهابا وايابا الى المدينة ولمدة متواصلة من الايام، فقد تبين من الجدول (٢) ان اعداد وسائل النقل بلغت ما يقارب ٣٥،٧٥٠ وسيلة نقل موزعة على كل محاور المدينة وبمختلف انواعها. اخذ النقل الخاص المرتبة الاولى بمشاركة (٣٣،٠٠٠) عجلة، ثم جاءت الوسائط الاخرى بمراتب متباينة.

جدول (٢) عدد نوع وسائل النقل المستخدمة خلال الزيارة الأربعينية في مدينة كربلاء للعام ٢٠٢٢

نوع الوسيلة	العدد
نقل خاص	٣٣،٠٠٠
قطارات	٢٠

باص ط ١	٢٦٥
باص ط ٢	٢٦٠
شاحنات تجارية	١١٧٩
عجلة متنوعة حكومية	٥١
أليات متنوعة لكتائب نقلية الجيش	٥٣٠
أليات متنوعة جهد الادارة المحلية والقوة الساندة	٢٥
وسائل نقل تابعة الى العتبة الحسينية المقدسة	٢٥٠
وسائل نقل تابعة الى العتبة العباسية المقدسة	١٧٠
المجموع	٣٥،٧٥٠

المصدر: النشرة الاحصائية السنوية لزيارة الأربعين المباركة، مركز الدراسات والابحاث في كربلاء، بيانات منشورة، ٢٠٢٢، ص٤٢-٤٦.

٥ـ الخدمات البلدية المشاركة خلال الزيارة المباركة:

تستنفر جميع الخدمات البلدية خلال ايام الزيارة من اجل الحفاظ على نظافة المدينة خلال ايام الزيارة لذا فأنها تحتاج الى اعداد كبيرة من الكوادر البشرية ومختلف انواع الأليات الخدمية سواء كانت تابعة لمديرية بلدية المحافظة او من محافظات اخرى، كما في جدول (٣).

جدول (٣) اعداد الأليات الخدمية وانواعها المشاركة في زيارة الأربعينية في مدينة كربلاء للعام ٢٠٢٢

الجهد	كابسة	شفل	قلاب	كريدر	حوضية	كانسة	قلاب نفايات	عدد الأليات	مجموع الأليات
المديرية	٧٥	١٧	٢٢	٧	١٨	٧	١١	٥٥	٢١٥
القوة الضيفية	٤١	٥	٢٩	٠	٠	١	١	٠	٨٤
المجموع	١١٦	٢٢	٥١	٧	١٨	٨	١٢	٥٥	٣٠٠

المصدر: النشرة الاحصائية السنوية لزيارة الأربعين المباركة خلال عام ٢٠٢٢، مركز الدراسات والابحاث في كربلاء، بيانات منشورة، ٢٠٢٢، ص ٥٤.

بلغ مجموع أليات مديرية بلدية كربلاء (٢١٥) ألية، كما بلغ مجموع أليات القوة الضيفية المشاركة في خدمة المدينة (٣٠٠) ألية، كما وتبين ان كمية النفايات التي تم رفعها خلال ايام الزيارة بلغت (٣٣٥٨٣) طن، اما اعداد الاكياس الموزعة لجمع النفايات بلغت (١٠٥٢٧٥٠) كيس، بينما الحاويات ذات سعة ٦٦٠ لتر بلغت (٤٦٠) حاوية (مركز الدراسات والابحاث في كربلاء،٢٠٢٢)

٦ـ الخدمات السياحية

تتوفر في المدينة خدمات متنوعة ومتعددة مثل الفنادق والشركات السياحية وغيرها للزوار الوافدين الى كربلاء المقدسة من داخل وخارج العراق، وقد بلغ عدد الفنادق السياحية في مدينة كربلاء ما يقارب (٥٢٥) فندقا، وبلغ عدد الشركات السياحية (١٠٠) شركة (مركز الدراسات والابحاث في كربلاء،٢٠٢٢)، فضلا عن المطاعم والكافتريات المنتشرة في كافة ارجاء المدينة وما تستعمله من الوقود (الغاز) وما تطرحه الى الهواء من ملوثات سامة.

المبحث الثاني
بعض خصائص الغلاف الجوي في محافظة كربلاء لعام ٢٠٢٢

يقدم هذا المبحث رؤية شاملة لتحليل توزيع تغيرات بعض الملوثات الإشعاعية وتقديم رؤى عميقة عن تأثير تلوث الهواء على البيئة والصحة العامة بما في ذلك محافظة كربلاء، تختلف نسبة تركز أي ملوث بالنسبة بين البيئات الريفية عن الحضرية وكذلك الدول الصناعية أو التجارية أو التعدينية لذا تختلف معاير حساب تلك التراكيز حسب البيئات الجغرافية، يقوم المبحث بحساب الحد الأدنى والحد الأقصى للتراكيز على مدار الفترة باستخدام منصة Google Earth Engine (https://earthengine.google.com)، ومن مميزات هذه المنصة انها تمكن المستخدمين من إضافة بياناتهم واجراء المعالجات عليها وتنظيمها دون الحاجة الى برامج حديثة وأجهزة كمبيوتر ذات مواصفات عالية فهي تعمل بنفس القدرة في تحليل البيانات ولجميع دول العالم، من خلال استخدام مجموعة من الاسطر والاوامر البرمجية نحصل على حسابات للظاهرة المراد دراستها وتطبيقها على مساحات واسعة وبدقة عالية، كما تمكننا من الحصول على رسم بياني للظاهرة بمجرد كتابة الاكواد وبوقت لا يتجاوز عدة ثواني (نوفل،٢٠٢١، ص١٤)، وبعد استخدام الكودات من موقع القمر Sentinel-5P تم الحصول على النتائج الاتية:

١. أول أكسيد الكربون (CO): ينتج من العمليات الصناعية ومحطات توليد الطاقة الكهربائية وينبعث أيضا من عوادم السيارات التي تعمل بالبنزين والديزل وينتج أيضا من المواقد والافران وبعض الأجهزة المنزلية والتدخين، وتؤدي ارتفاع نسبته في الجوالى الصداع والغثيان والدوار.

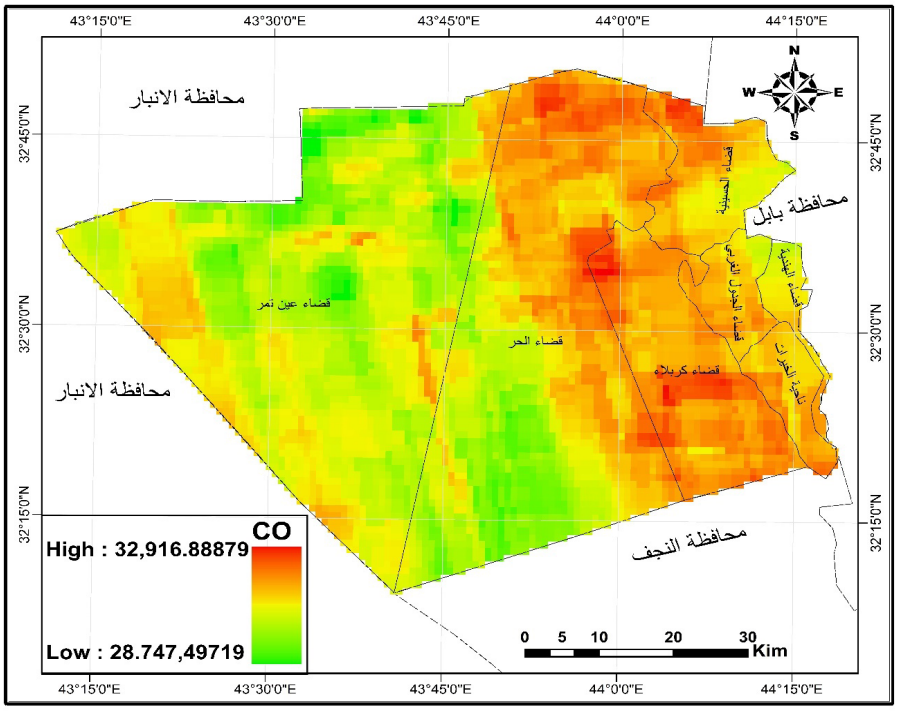
٢. تم تصميم كود ادناه في منصة Google Earth Engine، وقد اتضح من الخريطة (٢) تركز كميات كبيرة من غاز CO عند مداخل محافظة كربلاء خلال أيام الأولى من الزيارة

بالخصوص قضاء الحسينية وناحية الخيرات وقضاء الهندية، وقد تصدر مدخل النجف كربلاء مراتب متقدمة بزيادة تركز غاز CO لأسباب وجود مصادر تلوث متعددة التي تعمل بأقصى طاقتها مما أدى الى زيادة طرح مخلفاتها في الهواء.

٣. ويتضح من الشكل (١) تزايد تركز كمية غاز CO بالخصوص الأيام الأولى من الزيارة فقد تجاوزت الحدود المسموح بها عالميا ٣٥ ppm لتصل الى (٣٦,٣٥٠،٤١٦ppm) (كمعدل ساعة يومياً، بعد ذلك اخذت بالانخفاض التدريجي لتصل الى أدنى كمياتها (٢٧,٣٥٠،٤٣٢ ppm)، مع ذلك هنالك ارتفاع في تركز غاز CO باعتبار ان المنطقة ريفية وليست من المناطق الصناعية الذات نشاطات تنتج ملوثات في الجو حسب البيئة التي تتمتع بها.

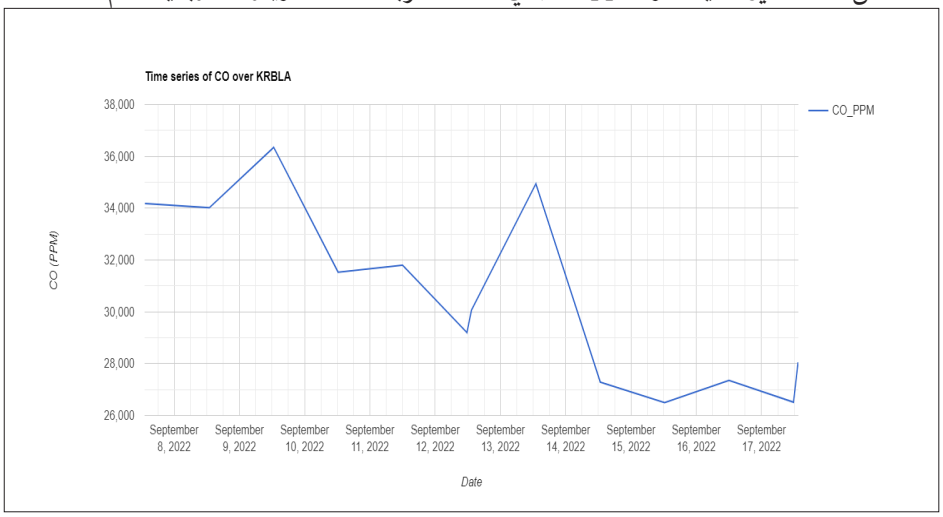
https://code.earthengine.google.com/13668ff21d080b0800b1b1c31767fb8e

خريطة (التوزيع المكاني لتركز CO ppm) في محافظة كربلاء خلال زيارة الأربعين ٢٠٢٢



المصدر: منصة Google Earth Engine، **وبرنامج** ٨, ١٠ [illegible].

شكل (١)(تغير كمية غاز CO ppm) في محافظة كربلاء خلال زيارة الاربعين عام ٢٠٢٢



المصدر: Google Earth Engine، **وخريطة رقم (٢)**.

٤. ثاني أوكسيد الكبريت SO2: هو ملوث بيئي ضار ينتج أساسًا من محطات توليد الطاقة الكهربائية وعمليات تكرير البترول والصناعات الثقيلة مثل مصافي النفط والصلب والمصانع الكيماوية وكذلك صهر المعادن والأنشطة الزراعية التي تستخدم الأسمدة والمبيدات ويساهم في تكوين الامطار الحامضية. تؤدي ارتفاع نسبته الى ضيق التنفس وسعال والتهاب القصبات.

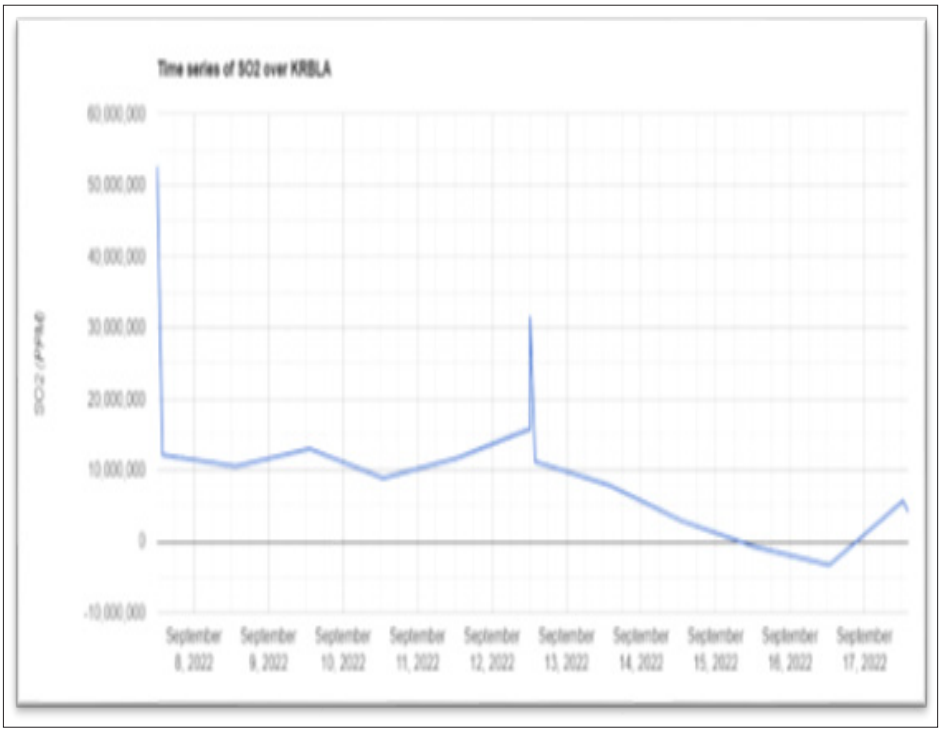
يتضح من الخريطة (٣) تركز كميات كبيرة من غاز SO2 في الغلاف الجوي بالخصوص عند مدخل قضاء الحسينية وناحية الخيرات وكذلك مناطق متفرقة من محافظة كربلاء منها الأراضي الزراعية التي ينتج عن الاستخدام الخاطئ للأسمدة الكيمياوية.

خريطة رقم (٣) التوزيع المكاني لتركز غاز SO2 (ppm) في محافظة كربلاء خلال زيارة الأربعين٢٠٢٢ المصدر: منصة Google Earth Engine، وبرنامج ArgMap10.8.

ويتضح من الشكل (٢) ان تركز كمية SO2 في الهواء تجاوزت الحدود المسموح بها في الأيام الأولى من الزيارة إذ بلغت 50.000.000PPM ثم تناقصت بعد ذلك.

HTTPS://CODE.EARTHENGINE.GOOGLE.COM/9EBDF5D14DBBCA9430EDC1934EDB33C3

شكل (٢) تغير كمية غاز SO2 (ppm) في محافظة كربلاء خلال زيارة الاربعين عام ٢٠٢٢



المصدر: منصة Google Earth Engine، وخريطة رقم (٣).

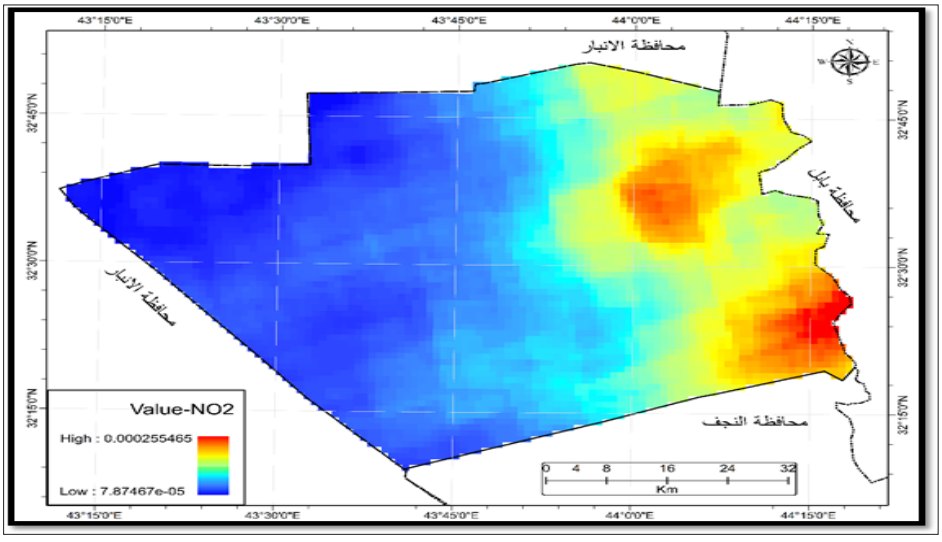
٥. ثاني أوكسيد النتروجين NO2

يعد من الغازات الملوثة للهواء واحد مكونات الضباب الدخاني، ينتج من انبعاثات السيارات والشاحنات بسبب احتراق البنزين والديزل، فضلا عن حرق الفحم والغاز الطبيعي في محطات توليد الطاقة، بلغ معدله العام 0.00200 PPM في الهواء وان تركزه في الهواء يعتبر مرتفع وغير امن على الصحة ويشير إلى عدم جودة الهواء.

بعد استخدام الكود المبين ادناه اتضح من الخريطة (٤) تركز كميات كبيرة من غاز N2 في الأجزاء الشرقية من كربلاء بالخصوص عند ناحية الخيرات ومركز قضاء كربلاء.ويتضح من الشكل (٣) ارتفاع تركيز NO2 في الغلاف الجوي اثناء زيارة الأربعين بالخصوص ارتفاعه بالأيام الأخيرة من الزيارة.

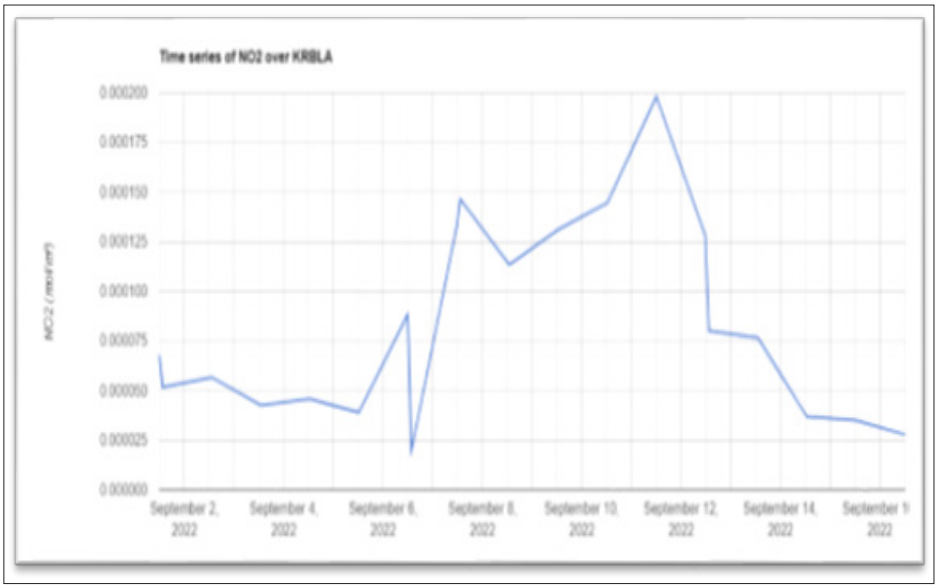
HTTPS://CODE.EARTHENGINE.GOOGLE.COM/2818320AF36E3F40CA3125766AC59A38

خريطة (٤) التوزيع المكاني لغاز NO2 ppm في محافظة كربلاء خلال زيارة الأربعين ٢٠٢٢



المصدر: منصة Google Earth Engine، وبرنامج ArgMap10 ,٨.

شكل (٣) تغيرات كمية غاز NO2 في محافظة كربلاء خلال زيارة الاربعين عام ٢٠٢٢



المصدر: منصة Google Earth Engine، وخريطة رقم (٤).

٦. الأوزون O3

على الرغم من أن الأوزون هو غاز نادر ويشكل أقل من ٠,٠٠١٪ من الهواء من حيث الحجم إلا أنه أحد أهم مكونات الغلاف الجوي. تحمي طبقة الأوزون الموجودة في الستراتوسفير الغلاف الحيوي عن طريق امتصاص الأشعة فوق البنفسجية الشمسية الضارة.

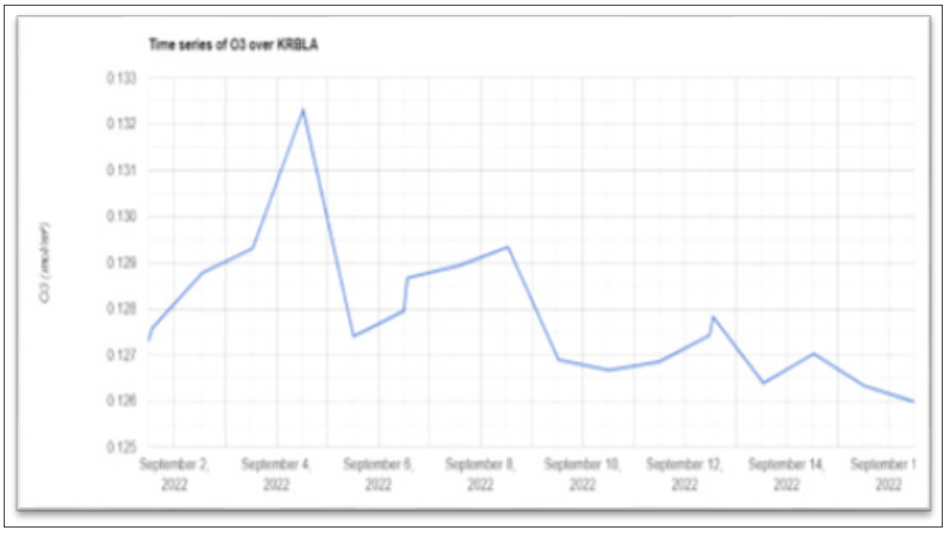
يساهم نقل الأوزون إلى الأسفل من طبقة الستراتوسفير في زيادة الأوزون في طبقة التروبوسفير، ولكن يتم إنتاج الأوزون أيضًا في طبقة التروبوسفير عن طريق دورات التفاعل الكيميائي التي يحركها ضوء الشمس والتي تتضمن أكاسيد النيتروجين وثاني أكسيد الكربون والميثان وغيرها من الهيدروكربونات. ويمكن

أن يؤدي ذلك إلى وجود كميات زائدة من الأوزون بالقرب من السطح «الضباب الدخاني الصيفي»، وهي سامة للنظام البيئي والحيوانات والبشر.

يتضح من الشكل (٤) تباين كمية الأوزون في الهواء وكان هنالك ارتفاع عن الحد المسموح به اثناء الزيارة بالخصوص الأيام الأولى منها إذ بلغت اعلى معدلPPM ١٣٢٥١٦٥ , ٠ لأسباب عديدة منها انبعاث السيارات والشاحنات والحافلات التي تطلق أكاسيد النيتروجين (NOx) والمركبات العضوية المتطايرة (VOCs) عند احتراق الوقود، والمنشآت الصناعية مثل محطات توليد الكهرباء ومصافي النفط والمصانع الكيميائية التي تطلق NOx وVOCs، والعمليات الزراعية بما في ذلك استخدام الأسمدة وإدارة النفايات الحيوانية فهي تطلق NOx وVOCs، وكذلك عند الحرق المتعمد او غير المقصود للأخشاب طلق كميات كبيرة من NOx وVOCs التي تساهم في تكوين الأوزون.

ومن الخريطة (٥) يتضح التوزيع المكاني لغاز الأوزون في محافظة كربلاء والذي بلغ معدله في الهواء ١٢٧٨١٨٥ , ٠ PPM ويعتبر هذا مؤشر غير صحي خاصة بالنسبة للمجموعات الحساسة مثل الأطفال وكبار السن والأشخاص الذين يعانون من مشاكل تنفسية وبالتالي يمكن اعتبار تركيز الأوزون الذي ذكرته مرتفعًا في الطبقة القريبة من سطح الأرض وقد يشير إلى وجود تلوث بيئي يحتاج إلى إدارة ورقابة وتوجيه.

شكل (٤) تغيرات كمية غاز O٣ (ppm) في محافظة كربلاء خلال زيارة الاربعين عام ٢٠٢٢



المصدر: منصة Google Earth Engine، **والخريطة رقم (٥).**

خريطة (٥) التوزيع المكاني لمعدل O3 في محافظة كربلاء خلال زيارة الأربعين عام ٢٠٢٢

المصدر: منصة Google Earth Engine، **وبرنامج** ArgMap10 ,٨.

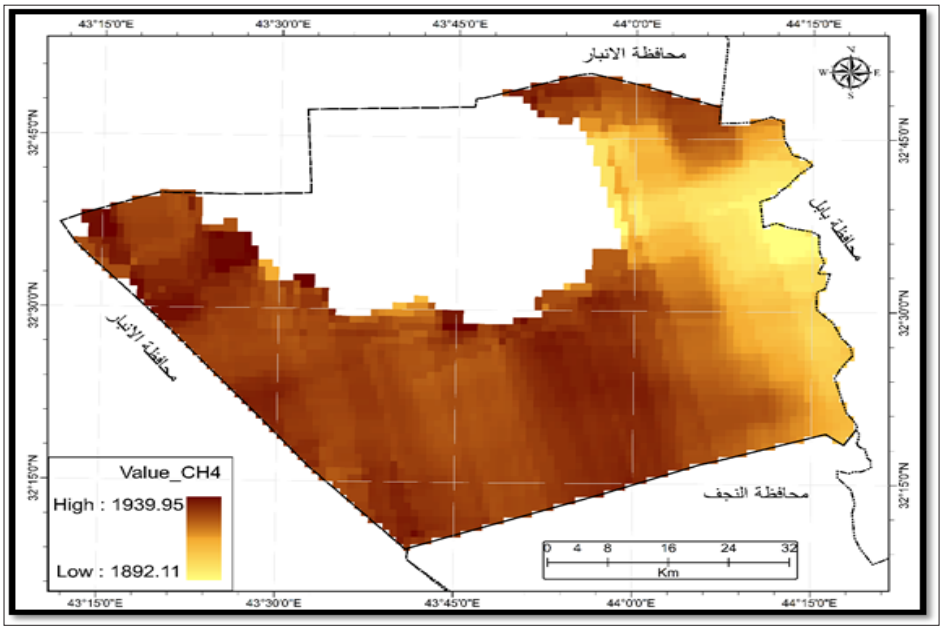
٥ـ الميثان CH4

هو مركب هيدروكربوني بسيط وواحد من أهم الغازات الدفيئة، ويمكن أن يكون مصدره طبيعيًا إذ ينبعث عن التحليل اللاهوائي للمواد العضوية ويحدث هذا في البيئات الخالية من الاوكسجين مثل المستنقعات والاراضي الرطبة، أو ناتجًا عن الأنشطة البشرية مثل الزراعة والصناعات وإدارة النفايات.

يتضح من الخريطة (٦) والشكل (٥) ارتفاع كمية الميثان في الهواء عن الحد المسموح به اثناء الزيارة إذ بلغت اعلى معدل١٩٣٣ ,٥٨٩٩ ppb اما الحد المسموح به يجب ان لا يتعدى ١٨٧٠ ppb ويعزى هذا الارتفاع لأسباب عديدة منها تحلل

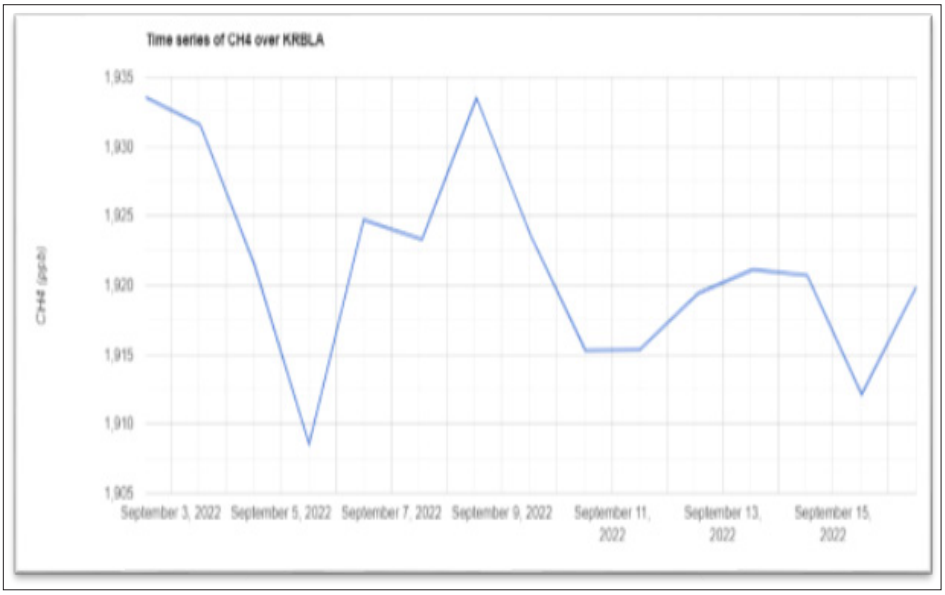
المواد العضوية في مكبات القمامة ومواقع الطمر الصحي ومن حقول الرز المغمورة بالمياه ومن حقول الثروة الحيوانية ومن خلال نقل وتوزيع الغاز الطبيعي وأيضا من الصناعات الكيميائية. على الرغم من ضالة كميتة في الغلاف الجوي الا انه يساهم بنسبة ١٨٪ من تأثير مجموع غازات الدفيئة.

خريطة (٦) التوزيع المكاني لمعدل CH4 في محافظة كربلاء خلال زيارة الأربعين عام ٢٠٢٢



المصدر: منصة Google Earth Engine، وبرنامج ArgMap10 ,٨.

شكل (٥) تغيرات كمية غاز CH4 (ppb) في محافظة كربلاء خلال زيارة الاربعين عام ٢٠٢٢



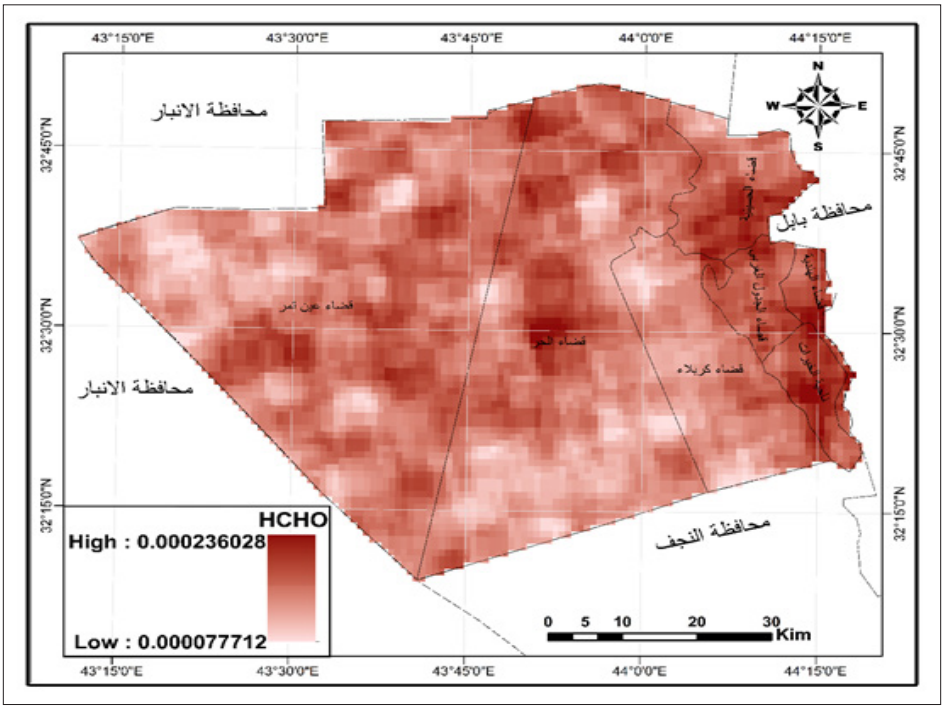
المصدر: منصة Google Earth Engine، والخريطة رقم (٦).

٦ـ الفورمالديهايد HCHO

هو غاز وسيط للمركبات العضوية المتطايرة غير الميثانية (NMVOC)، مما يؤدي في النهاية إلى ثاني أكسيد الكربون (CO2) تُعد المركبات العضوية المتطايرة غير الميثانية (NMVOCs) من بين أهم السلائف للأوزون في التروبوسفير مع أكاسيد النيتروجين (NOx) وأول أكسيد الكربون (CO)، ويعد الميثان (CH4) المصدر الرئيسي للفورمالديهايد في الغلاف الجوي على اليابسة، تؤدي أكسدة المركبات العضوية المتطايرة غير الميثانية (NMVOCs) المنبعثة من النباتات والحرائق وحركة المرور والمصادر الصناعية إلى زيادات في مستويات الفورمالديهايد.

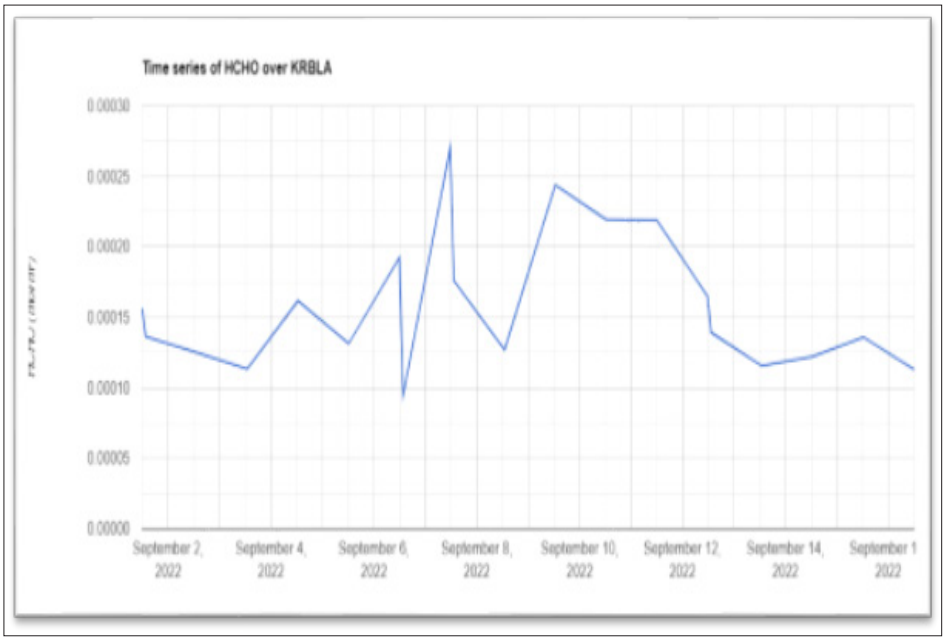
ويتضح من الخريطة (٧) التوزيع المكاني لغاز HCHO اذ تركز وجوده فوق مراكز المدن اثناء زيارة الاربعين. كما نلحظ من الشكل (٦) ارتفاع مؤشر HCHO إذ ارتفعت خلال الايام الاخيرة من الزيارة واستمرت بالارتفاع الى نهاية الزيارة، عن الحد المسموح بها.

خريطة (٧) التوزيع المكاني لمعدل HCHO في محافظة كربلاء خلال زيارة الأربعين ٢٠٢٢



المصدر: منصة Google Earth Engine، وبرنامج ArgMap10 , ٨.

شكل (٥) تغيرات كمية غاز HCHO mol/m² في محافظة كربلاء خلال زيارة الاربعين عام ٢٠٢٢



المصدر: المصدر: منصة Google Earth Engine، وخريطة رقم (٧).

٧- الجسيمات الدقيقة والصغيرة العالقة في الغلاف الجوي

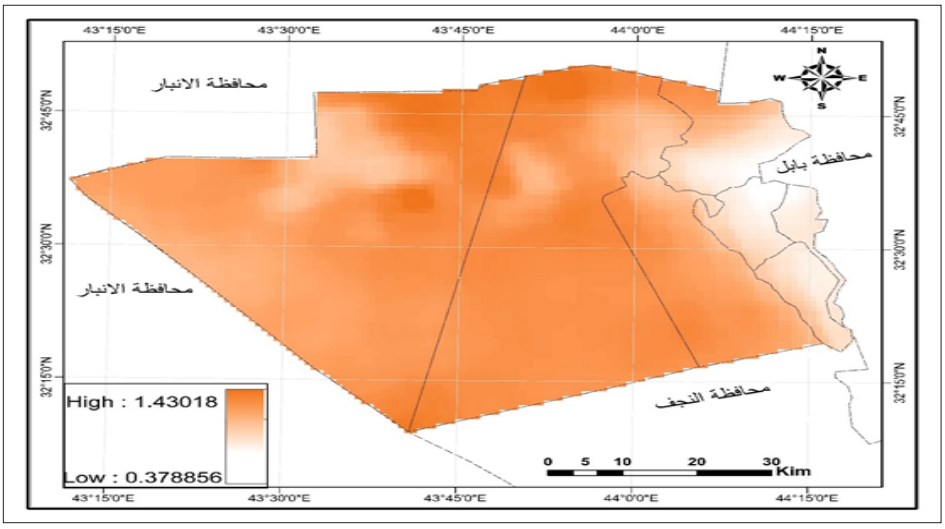
هذه الجسيمات يمكن أن تكون من مصادر متعددة منها صلبة ومنها سائلة مثل الغبار (تربة او مواد صخرية)، الدخان (احتراق المواد العضوية)، بخار الماء (المعلّق في الهواء)، وملوثات بشرية أخرى مثل حرق الوقود والأنشطة الصناعية والتدخين والزراعة، تتفاوت احجام هذه الجسيمات بين النانومترات والميكرو مترات، وهي تؤثر على جودة الهواء ورؤية الضوء واستقبال الإشعاع الشمسي.

تم قياس تركيز الجسيمات الدقيقة باستخدام مؤشر «فهرس الجسيمات الامتصاصية» (Absorbing Aerosol Index، AAI)، والذي يتم رصده بواسطة

SENTINEL-5P يقيس مدى امتصاص الجسيمات الدقيقة للضوء فوق البنفسجي. تشير القيم الموجبة إلى وجود كميات مرتفعة من الجسيمات الامتصاصية في الغلاف الجوي، بينما تشير القيم السالبة والقريبة من الصفر الى انخفاض تركزها في الغلاف الجوي.

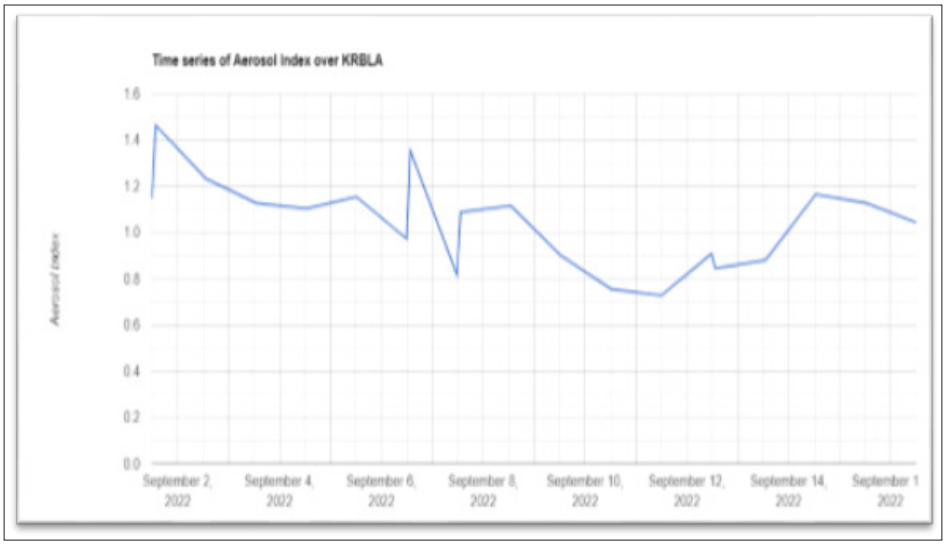
ويتضح من الخريطة (٨) التوزيع المكاني للجسيمات العالقة بالجو في محافظة كربلاء والتي كانت مرتفعة جدا اثناء الزيارة بالخصوص المناطق الوسطى والغربية من المحافظة إذ انحصرت كمياتها (١,٤٣٠١٨ - ٠,٣٧٨٨٥٦) وبمعدل بلغ (١,٠٥٠٢٣١). كما نلحظ من الشكل (٧) ارتفاع مؤشر الجسيمات العالقة بالجو إذ بدأت مرفعة خلال الايام الاولى من الزيارة واستمرت بالارتفاع الى نهاية الزيارة، وان زيادتها تعمل على امتصاص للأشعة فوق البنفسجية بصورة اكبر من الحد المسموح بها، مما ينتج عنها تأثيرات خطرة تؤثر على توازن الطاقة في الغلاف الجوي من خلال تبعثر وامتصاص الإشعاع الشمسي وهذا يؤدي إلى تغيرات في درجات الحرارة وأنماط الطقس، كما تؤدي الى تقليل مدى الرؤية بسبب التشتت والامتصاص مما يؤثر على الأنشطة اليومية والنقل، ويضر زيادتها بالنباتات مثل تقليل كمية الضوء المتاحة للنباتات لعملية التمثيل الضوئي، واخيرا ان زيادتها في الغلاف الجوي تعني تدهور جودة الهواء مما يمكن أن يؤثر سلبًا على صحة الإنسان خاصةً للأشخاص الذين يعانون من مشاكل في الجهاز التنفسي.

خريطة (٨) التوزيع المكاني لمعدل AAI في محافظة كربلاء خلال زيارة الأربعين عام ٢٠٢٢



المصدر: منصة Google Earth Engine.

شكل (٧) تغير كمية الجسيمات الدقيقة العالقة في الغلاف الجوي في محافظة كربلاء خلال زيارة الاربعين عام ٢٠٢٢



المصدر: منصة Google Earth Engine**، وخريطة رقم (٨).**

المبحث الثالث
استراتيجيات تحسين جودة الهواء في محافظة كربلاء خلال تأدية الزيارة:

يعتبر تحسين جودة الهواء في محافظة كربلاء أمرًا حيويًا لضمان صحة ورفاهية الزائرين، تتطلب هذه القضية الملحة اعتماد استراتيجيات فعّالة ومستدامة تشمل تقنيات حديثة وسياسات بيئية صارمة وتعاونًا بين الحكومات والمجتمعات المحلية التي تبنى وفق سياسات وممارسات تدعم جميع القطاعات بما في ذلك مصادر الطاقة والزراعة والصناعات والنقل والتخطيط الحضري والانشطة الخدمية الاخرى، لتخطي المعوقات والسعي نحو بيئة أفضل وتحقيق التوازن بين تلبية احتياجات الحاضر دون الإضرار او المساس بموارد الأجيال القادمة.

نستعرض أبرز الاستراتيجيات التي يمكن تطبيقها لتحسين جودة الهواء في محافظة كربلاء ونناقش الفوائد والتحديات المرتبطة بها، وهي كالاتي:

١. **تنمية نشاط النقل خلال الزيارة الاربعينية في المدينة:** يحدث زخم كبير جدا في مدينة كربلاء اثناء تأدية مراسيم زيارة الاربعين ونتيجتها ازدياد وسائط النقل بمختلف سعتها لنقل الراكبين من والى كربلاء، وتزداد وسائط النقل الخاص (٤ راكب و١١ راكب) بأعداد هائلة وهي تزيد من التلوث بطرح غاز CO_2 وطرح CO في الهواء كما انها تسبب زخم مروري يحد من مرور العجلات الكبيرة كما في الصورة (١-أ)، لذا يفضل استخدام وسائط النقل الجماعي (الباصات الكبيرة ذات الطابقين) أو القطارات فهي تعمل على نقل اعداد كبيرة من الزائرين فضلا عن حل مشكلة الازدحام المروري خلال الزيارة وتقليل الطلب على السيارات الصغيرة الاخرى، او استخدام السيارات التي تعمل بالطاقة الكهربائية لأنها تحد من الانبعاثات الضارة مما يعمل على تسحين

جودة الهواء في المدينة، فضلا عن توفير الطاقة أي كفاءة استهلاك الوقود، وان العتبة الحسينية المقدسة حريصة على توفير وسائط نقل حديثة وتعمل وفق معايير ذات جوده عالية، كما هو موضح الصورة (١-ب).

صورة (١.أ-١. ب) الفرق بين استخدام وسائط النقل في طرح الملوثات

المصدر: شبكات الاعلام.

٢. **تحويل النفايات**: بما ان للنفايات تأثيراتها السلبية على البيئة والصحة العامة وما ينبعث منها من غازات سامة، فلابد من معالجتها بالطرق الصحيحة والسريعة والاستمرار في نقلها للحد من انبعاث الغازات السامة وتحويلها الى مادة اكثر فائدة بعد تحويلها كما في الصورة (٢-أ، ب):

- الى اسمدة عضوية يستفاد منها في الزراعية، اما بقايا الاطعمة المتبقية من المواد المنتشرة على ارجاء محاور المدينة ويمكن استخدام هذه كأسمدة تساعد على تحسين الترب الزراعية.
- تحويل النفايات الى طاقة وذلك عن طريق حرقها في محارق خاص لإعادة استعمالها كطاقة حرارية وتحويلها الى كهرباء وبالتالي تقلل من خطورتها في تلوث الهواء.

صورة (٢.أ-٢.ب) الفرق بين تراكم النفايات واعادة تدويرها

المصدر: شبكات الاعلام.

٣.طرح مياه الصرف الصحي خلال ايام الزيارة في مدينة كربلاء: تعد جزءا حيويا من ادارة الموارد المائية وتتطلب العديد من الجهود من اجل معالجتها اولاً إذ كانت السبب الرئيس لارتفاع نسبة غاز CH٤ في الهواء، والاستفادة منها بطرق اخرى منها استخدام CH4 كوقود لتوليد الكهرباء والحرارة أو تشغيل الحافلات، وإنتاج غاز الميثان من مياه الصرف الصحي هو عملية مفيدة بيئيًا واقتصاديًا تساعد هذه العملية في تحويل النفايات إلى طاقة نظيفة وتقليل التأثير السلبي على البيئة، فضلا عن اعادة استخدامها لري الاراضي الزراعية او في الصناعات وبالتالي تقلل من تأثيراتها السلبية على البيئة وعلى الصحة العامة وتحسين جودة الهواء.

٤.اعداد الطعام في المواكب الحسينية في مدينة كربلاء: يتم اعداد الطعام اثناء الزيارة الاربعينية بأساليب مختلفة منها استخدام الخشبي كما في الصورة (٣)، وهذا يسبب إطلاق غازات سامة خاصة اول اكاسيد الكاربون وثاني اكسيد الكاربون واكسيد الكبريت وغيرها من غازات تقلل من نسبة الاوكسجين في الهواء بالإضافة الى ذلك فانه يتم قطع الاشجار والنباتات لتوفير الحطب للطبخ مما يؤدي ذلك الى تدمير الغطاء الاخضر الذي يساعد على امتصاص ثاني اوكسيد الكاربون وانتاج الاوكسجين في الجو.

صورة (٣) استخدام الحطب في الطبخ

المصدر: الباحثان.

٥-الصناعات الغذائية والانشائية والتعدينية وغيرها

يكون هنالك طلب كبير جدا عليها اثناء الزيارة مما يؤدي ذلك الى تشغيل المعامل والمصانع بكامل طاقتها القصوى مما يتطلب استهلاك طاقة أكبر وينتج منها انبعاث الغازات في الجو، وتعد هذه الصناعات الملوث الأساسي للبيئة ولابد من استخدام الطرق الحديثة استخدام الطاقة المتجددة (الطاقة النظيفة) تجنبا لزيادة حدة التلوث ومنها:

١. طاقة الاشعة الشمسية: يتم استغلال الطاقة الشمسية اما عن طريق استخدام الحرارة الشمسية لتسخين ناقل للحرارة لكي تستهلك هذه الحرارة بشكل مباشر، او عن طريق تحويلها الى اشكال اخرى للطاقة وبالدرجة الاولى طاقة كهربائية كما في الصورة (٤-أ، ب).

صورة (٦) الفرق بين توليد الطاقة الكهربائية

٢. طاقة الرياح: تعد الرياح صورة غير مباشرة من صور الطاقة الشمسية، اذ ان حركة الهواء هي نتيجة لفرق الضغط في الغلاف الجوي وبسبب فرق الضغط يتحرك الهواء من منطقة ذات ضغط مرتفع الى اخرى ذات منخفض ضغط وينشا فرق الضغط اختلاف التأثيرات الحرارية للشمس التي تتحكم في درجة حرارة الارض والتي تكون السبب في حدوث الرياح، ويعتمد هذا على تشغيل توربينات الرياح والتي تعتمد على عدة عوامل واهمها موقع تركيب التوربينات لمنطقة، سرعة الرياح، ارتفاع برج الوحدة من اجل زيادة قدرة المولد، حجم التوربينة، ومدى كفاءتها وجودتها التقنية، فان زيادة سرعة الرياح بمقدار معين فان القدرة تزيد ضعف، اما اذا تضاعف سرعة الرياح فان القدرة الكهربائية المولدة تصل الى ثمانية اضعاف.

النتائج والمقترحات

١. تشهد مدينة كربلاء اعداد كبيرة من الزوار الوافدين اليها خلال مراسيم الزيارة وبلغ اعداد الوافدين من داخل العراق ما يقارب (١٧) مليون زائر فضلا عن مشاركة العرب والأجانب.

٢. تستقبل المدينة العديد من المواكب المشاركة في تقديم الخدمات للزوار خلال الزيارة وداخل المدينة وقد بلغت اعدادهم (١٢٢٨١) محلي من مختلف المحافظات و (١٧١) من خارج العراق، اما اعداد وسائل النقل الخاص المشارك بالزيارة بلغ (٣٣،٠٠٠).

٣. تجاوزت كمية تركز CO عن الحدود المسموح بها عالميا لتصل الى ٣٦,٣٥٠،٤١٦ ppm كمعدل ساعة يومياً اثناء زيارة الاربعين.

٤. بلغت كمية تركز SO2 ٥٠,٠٠٠,٠٠٠ ppm وهي قد تجاوزت الحدود المسموح بها عالمي.

٥. بلغ معدل العام لغاز NO2 ٠,٠٠٢٠٠ ppm في الهواء وان تركزه في الهواء يعتبر مرتفع

وغير امن على الصحة.

٦.ان التوزيع المكاني لغاز الأوزون في محافظة كربلاء بلغ معدله في الهواء ١٢٧٨١٨٥ , ٠ ppm ويعتبر هذا مؤشر غير صحي.

٧.تبين من نتائج البحث ان غاز الميثان تجاوز الحدود العالمية المسموح بها نتيجة الزيادة في طرح كميات كبيرة من مياه الصرف الصحي دون معالجتها مما ادى الى ارتفاع نسبتها في المدينة.

٨.ان الجسيمات العالقة بالجو في محافظة كربلاء كانت مرتفعة جدا بالخصوص المناطق الوسطى والغربية من المحافظة إذ انحصرت كمياتها (١ , ٤٣٠١٨ ـ ٠ , ٣٧٨٨٥٦) وبمعدل بلغ (١ , ٠٥٠٢٣١).

المقترحات:

١ .نقل النفايات الصلبة الى الاجزاء الغربية من المحافظة وانشاء معامل لتدوير النفايات والاستفادة منها.

٢.التقليل من عدد السيارات الخاصة وذات سعة ركاب قليلة تجنبا لتقليل كمية طرح غاز co والاعتماد على السيارات الكبيرة ذات سعة نقل كبيرة مع ضرورة ان تكون ذات نظافة عالية ام استخدام السيارات التي تعمل بالكهرباء.

٣. توجيه اصحاب المواكب باستعمال الطرق الحديثة للطبخ وعدم استخدام الحطب لأنه ينتج غاز CO2.

٤.توجيه اصحاب الفنادق والمطاعم والمعامل بضرورة استعمال الطرق الحديثة وتشجيع استخدام مصادر الطاقة المتجدد، وتطبيق اللوائح البيئية الصارمة عليهم.

٥. ضرورة الاسراع بتنفيذ الحزام الاخضر والحفاظ عليه واستدامته، وتوجيه اصحاب العلاقة واهالي المدينة وكل من يمد يد العون لزيادة الرقعة الخضراء داخل وخارج المدينة لزيادة طرح الاوكسجين بالجو والتخلص من ثاني اوكسيد الكاربون.

٦. عدم طمر أي مخلفات داخل او قريبة من المدينة لأنه ينتج عنها غاز CH4وSO2.

المصادر:

١. جمهورية العراق وزارة التخطيط والتعاون الانمائي، الجهاز المركزي للإحصاء وتكنلوجيا المعلومات، مديرية احصاءات السكان، اسقاطات سكان العراق لسنة ٢٠٢٢.

٢. ممثلية الشعائر الحسينية في محافظة بابل، بيانات غير منشورة، ٢٠٢٢.

٣. النشرة الاحصائية السنوية لزيارة الأربعين المباركة خلال عام ٢٠٢٢، مركز الدراسات والابحاث في كربلاء، بيانات منشورة، ٢٠٢٢، ص ١٧-٣٦.

٤. نوفل، رشا صابر، ٢٠٢١، الحوسبة السحابية في تحليل بيانات الاستشعار عن بعد الضخمة Google Earth Engine.

٥. منصة Google Earth Engine، وبرنامج ArgMap ١٠,٨.

٦. https://developers.google.com/earth-engine/datasets/catalog/sentinel-5p