Concentrations of Aromatic Hydrocarbons in Soil Samples Adjacent to Oil Facilities and Fields in Basrah:

A Geo-Environmental Study

Researcher : Raneen Risan Swadi
University of Basrah / College of Arts
E-mail: artpg.raneen.rasin@uobasrah.edu.iq

Professor Dr. Amal Saleh Al-Kaabi
Department of Geography
and Geographic Information Systems
University of Basrah/College of Arts
E-mail: Amal.abood@uob.edu.iq

Professor Dr. Shukri Ibrahim Al-Hassan
Department of Geography and Geographic Information Systems
University of Basrah /College of Arts
E-mail: Shukri.alhassan@uob.edu.iq

Abstract:

This study aims to detect residual concentrations of aromatic hydrocarbons in soil samples collected from areas affected by oil pollution near oil facilities and fields, as well as from uncontaminated areas, which were used as control samples. Samples were collected from 13 locations between November 2023 and February 2024, and laboratory methods involving digestion and extraction were employed to determine the concentrations of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs).

The findings indicate elevated concentrations of petroleum hydrocarbons in soil samples collected within or near oil facilities and fields, suggesting significant contamination resulting from oil-related activities. In contrast, the control samples did not exhibit notable hydrocarbon pollution, reinforcing the impact of industrial oil operations on contamination levels.

The study emphasizes the need for caution when approaching areas with intensive oil activity and advises against direct interaction with contaminated soil. Additionally, it calls for continuous monitoring and proposes guidelines for assessing carbon pollution levels to mitigate environmental risks.

Keywords: Aromatic hydrocarbons, soil samples, oil facilities and fields, Basrah.

تراكيز الهيدركربونات الاورماتية في عينات ترب مجاورة لمنشآت وحقول نفطية في محافظة البصرة : دراسة جيو بيئية(*)

الباحثة رنين ريسان سوادي

جامعة البصرة / كلية الآداب

E-mail: tpg.raneen.rasin@uobasrah.edu.iq@gmail.com

أ.د. آمال صالح الكعبي

قسم الجغرافيا ونظم المعلومات الجغرافية

كلية الآداب – جامعة البصرة

E-mail: Amal.abood@uobasrah.edu.iq

أ.د. شكري إبراهيم الحسن

قسم الجغرافيا ونظم المعلومات الجغرافية

كلية الآداب – جامعة البصرة

E-mail: Shukri.alhassan@uobasrah.edu.iq

الملخص:

تهدف هذه الدراسة إلى الكشف عن بقايا تراكيز الهيدركربونات الاورماتية في عينات من التربة التي تم جمعها من مناطق متأثرة بالتلوث النفطي بجوار منشآت وحقول نفطية ومن مناطق أخرى غير متأثرة باعتبارها عينات ضابطة. تم جمع العينات من ١٣ موقعاً للمدة من تشرين الثاني ٢٠٢٣ ولغاية شباط ٢٠٢٤، تم اتباع الطريقة المختبرية الهضم والاستخلاص للحصول على تراكيز بعض المركّبات الهيدروكربونية الاورماتية (PAHs).

بينت الدراسة أن هنالك تراكيز مرتفعة للهيدروكربونات النفطية في عينات التربة التي كانت في داخل المنشآت والحقول النفطية أو في جوارها، ويعزى سبب ذلك إلى تأثير التلوث الناتج عن تلك النشاطات. أما العينات الضابطة، فلم تظهر تلوثاً ملحوظاً بالهيدروكربونات الاورماتية، مما يعزز تأثير العامل السابق الذكر. توصي الدراسة بضرورة الحذر عند الاقتراب من مناطق النشاط النفطي وبعدم التعامل مع التربة الملوثة، وضرورة المراقبة المستمرة، فضلاً عن اقتراح محددات لتحديد درجة التلوث الكربوني.

الكلمات المفتاحية : الهيدروكربونات الاورماتية، عينات التربة، المنشآت والحقول النفطية، البصرة.

* بحث مستل من رسالة الماجستير الموسومة : **تأثير التلوث النفطي في بعض الأمراض النسائية في محافظة البصرة دراسة بيئية–جيوطبية**

أولاً: المقدمة:

يمكن تعريف تلوث التربة على إنه الخلل الذي يحصل في الخصائص الفيزيائية أو الكيميائية أو الحيوية للتربة بسبب النشاط البشري، مما يؤدي إلى الإخلال بحالة الاتزان القائم بين مكّونات تلك التربة (السلمان،2015،15). ويمكن ايضاً تعريف تلوث التربة على إنه تركيز الملوثات الكيمياوية بمستويات أعلى من المعتاد، بما ينعكس سلباً على الإنسان أو الكائنات الأخرى، ويسبب تدهوراً لنوعية التربة ولنسجتها ومحتواها المعدني أو اختلالاً في الموازنة الحياتية لها(الحسن،2011، 110).

يؤدي تلوث التربة بالمواد النفطية إلى جعلها غير صالحة للاستخدامات البشرية، إذ إن هنالك عدداً كبيراً من المركّبات الضارة التي يحتويها النفط الخام وتؤدي جميعها إلى تلويث التربة، وتكون إما على شكل ملوثات نفطية عضوية سامة أو ملوثات نفطية غير عضوية سامة، وتضم العديد من مركّبات الفينول والسيانيد والكبريتيدات وأيونات المعادن السامة والمواد الذائبة والعالقة والمواد الهيدروكربونية، وتعمل جميع تلك المواد على تدمير كل أنواع التربة (علي وآخرون، 2015، 183).

تعد التربة إحدى عناصر البيئة التي تتأثر بالملوثات الصناعية من خلال انتقالها إليها عن طريق الملوثات الغازية التي تنزل إليها إما عند هطول الأمطار أو عند سكون الرياح، وهو أمر من الصعب السيطرة عليها مسبباً تلوثاً للتربة المحيطة بالمنشآت الصناعية. وقد تصل هذه الملوثات إلى الأراضي المجاورة من خلال انتقالها مع المياه الجارية من منطقة إلى أخرى بفعل استخدام هذه المياه لري المزروعات، أو من خلال ما تطرحه المصانع من ملوثات صلبة وسائلة إلى التربة(البراك،2010)، كما هو الحال في مصفى الشعيبة الذي كان يقوم بإلقاء كميات كبيرة من النفط الأسود الثقيل نتيجة التراكمات المستمرة مكّوناً بحيرة من النفط تنبعث منها الروائح الهيدروكربونية السامة(الصرايفي، 2019، 150).

فيما يتعلق **بالهيدركربونات الاورماتية** Polycyclic aromatic hydrocarbons، فإنها المؤشر الرئيس الذي اعتمده الدراسة الحالية دليلاً على وجود التلوث الكربوني من الصناعة النفطية. ومن الناحية الكيميائية، تتكون الهيدروكربونات من مركّبات كيميائية تتألف أساساً من عنصرين الكربون والهيدروجين، وتشكّل هذه المكّونات الجزء الأساس للنفط، إذ يشكّل عنصر الكربون نسبة (80–87%) من تركيب المواد الهيدروكربونية، وتنتج بصورة رئيسة من عملية الاحتراق الغاز أو الفحم أو النفط الخام المستخدم كوقود في الصناعات المختلفة(الصرايفي،2021،345).ويعد مركّب البنزوبيرين benzoprene من أخطر المركّبات الكربونية، إذ يمكن ان يتواجد في هواء المدن الصناعية ناجماً من احتراق الوقود غير التام، وتحرره بكميات كبيرة من عوادم السيارات، كما يوجد في دخان السجائر والتبغ، وتعد من أخطر الملوثات المسببة للسرطان(السعد وآخرون، 2024، 44).

وما الهيدروكربونات إلا واحدة من مجموعة كبيرة جداً من المركّبات التي تحتوي على ذرات الهيدروجين والكربون، وقد تكون مشبعة أو غير مشبعة. فأما الهيدروكربونات المشبعة لا يكون لها روابط مزدوجة أو ثلاثية، فيما تحتوي الهيدروكربونات غير مشبعة تحتوي على روابط مزدوجة و/أو ثلاثية (Koren،2005 ،320). هذا وتتمثل الهيدروكربونات الاورماتية بمركّبات مثل /Benzene/Toluene Phenol /CH6–CH6، إضافةً إلى بعض المواد التي تحتوي على أكثر من حلقة واحدة مثل Naphthalene /Chrysene /Anthracene (السعد وآخرون، ٢٠٢٤، ١٢٣).

تتصف الهيدركربونات الاورماتية بكونها واسعة الانتشار، وهي منتشرة في منطقة الدراسة التي تنشط بالصناعة النفطية، ناتجةً من إطلاق كميات هائلة من الملوثات المرتبطة باحتراق النفط في حقول النفط وحول المصافي. وهنالك العديد من المركّبات الثابتة والأقل قابلية للتحلل في البترول التي يمكن أن تدخل بسهولة إلى السلسلة الغذائية، وتعد المركّبات المشتقة من البترول مثل الهيدروكربونات الاروماتية سبباً للأمراض السرطانية(Salman،2019 ،93). ويحدث مرور الهيدروكربونات في جسم الإنسان عن طريق الاستنشاق أو الابتلاع أو التلامس عبر الجلد. وقد أشارت العديد من الدراسات الوبائية في مكان العمل إلى أن البنزين والهيدروكربونات سبب في ظهور بعض الأمراض السرطانية والتنفسية والباطنية لدى البشر، وقد تكون سمّية الهيدروكربونات حادةً أو منخفضة أو معتدلة اعتماداً على تركّيز المركّب في البيئة (عباس، 2018، 11).

ثانياً: الأساس النظري

١ – مشكلة الدراسة:

أ– هل تعاني منطقة الدراسة(محافظة البصرة)من تلوث نفطي مرتبط بالمنشآت والحقول النفطية العاملة؟

ب– ما نوع المركّبات الهيدروكربونية الاورماتية في تربة منطقة الدراسة، وما تراكيزها وتبايناتها المكانية؟

ج– هل ثمة علاقة مكانية بين القرب والبعد من المنشآت والحقول النفطية وبين التراكيز الهيدروكربونية المسجلة في عينات التربة المدروسة؟

٢ – فرضية الدراسة:

أ– تكون معاناة تربة منطقة الدراسة من التلوث الهيدروكربوني مرتبطة بوجود النشاط النفطي فيها.

ب– تتعدد المركّبات الهيدركربونية الاورماتية في منطقة الدراسة، وقد تتصف بتباين مكاني واضح.

ج- يؤثر البعد والقرب من مصدر التلوث النفطي في تراكيز الهيدروكربونات الاورماتية في العينات المدروسة.

٣- أهمية الدراسة:

نظراً لتوسع الصناعة النفطية في منطقة الدراسة في الآونة الأخيرة، واستحواذها على الكثير من الأراضي والمساحات، ونظراً إلى أن تواجد العديد من المنشآت والحقول النفطية أصبح قريباً من بعض التجمعات السكانية، ونظراً لمخاطر التلوث والتسرب النفطي الناجم عن نشاطات الصناعة النفطية بات أمراً محتملاً على ترب تلك المناطق، لذا تأتي هذه الدراسة محاولةً لبيان مدى تراكيز الهيدروكربونات النفطية الاورماتية في عينات التربة لمناطق مجاورة لمنشآت وحقول نفطية.

٤- أهداف الدراسة:

أ. قياس ومعرفة تراكيز الهيدروكربونات الاورماتية في عينات تربة مأخوذة من حقول نفطية وما يجاورها من مناطق مأهولة ضمن منطقة الدراسة.

ب . إدراك تأثير عامل الجوار من المنشآت والحقول النفطية كمصدر للتلوث على الأراضي المجاورة.

ج- تحديد التوزيع الجغرافي والتباين المكاني لمستويات التلوث النفطي ضمن منطقة الدراسة تبعاً لحدود الوحدات الإدارية.

٥- منهج الدراسة:

تم انتهاج المنهج الوصفي والتحليلي في بحث حيثيات الدراسة، فضلاً عن الاعتماد على المسح والاستطلاع في تحديد موقع عينات الدراسة. مع الاعتماد على التحليل المكاني في تحديد الظاهرة ونمط توزيعها الجغرافي.

٦- وصف منطقة الدراسة:

يتمثل الحيز المكاني للدراسة التطبيق على محافظة البصرة. ويتضح إن منطقة الدراسة المتمثلة بمحافظة البصرة تقع فلكياً بين خطي طول٤٠ ٤٦° و٣٠ ٤٨° شرق غرينتش وبين دائرتي عرض ٢٩.٥° و٢٠ ٣١° شمال خط الاستواء. وتقع جغرافياً في أقصى جنوب شرقي العراق، إذ يحدها من الشمال محافظة ميسان وذي قار ومن الجنوب الخليج العربي ودولة الكويت والعربية السعودية، فيما يحدها من الشرق إيران، ومن الغرب محافظة المثنى(الشكل١). تبلغ مساحة محافظة البصرة نحو ١٩٠٧٠ كم^{٢}، وتمثل نسبة قدرها (٤.٣٦%) من إجمالي مساحة العراق. وتضم منطقة الدراسة ٩ أقضية إدارية.

يتصف مُناخ منطقة الدراسة ضمن المناطق شبه المدارية التي تتأثر بالعروض الحارة والجافة، وزاوية سقوط الإشعاع الشمسي تكون عمودية وشبه العمودية في تلك العروض وخاصة في فصل الصيف وزيادة النهار الطويل، أما فصل الشتاء فتكون زاوية سقوط الإشعاع الشمسي بميلان وقصر طول النهار، وبذا يكون أبرد من ناحية درجات الحرارة وموسماً لهطول الأمطار(الحمداني،٢٠٢٠، ٢٢). أما طبيعة السطح والتكوين الجيولوجي، فيتصف السطح بالانبساط العام مع الانحدار البطيء وعدم وجود تضاريس وموانع بارزة عدا بعض المظاهر الجيومرفولوجية المتناثرة هنا وهناك كالمنخفضات وكتوف الأنهار الواطئة والوديان ويمثل السطح جيولوجياً امتداداً للأراضي التابعة للسهل الرسوبي والهضبة الغربية(عبدالحسين، ٢٠١٥، ٥٥). أما خصائص التربة فتكون في العموم ذات نسجة ناعمة ذات قوام طيني غريني في الجانب الشرقي من منطقة الدراسة، فيما تكون خشنة النسجة ذات قوام رملي في الجانب الجنوبي الغربي (الربيعي، ١٩٨٨، ٣٤-٤١).

الشكل (١): خريطة محافظة البصرة وموقعها بالنسبة إلى العراق.

المصدر: وزارة البلديات والأشغال العامة، بلدية البصرة، قسم التخطيط والمتابعة، خريطة محافظة البصرة بمقياس ١/٢٤٠٠، برنامج (ARC GIS. 10.8) المرئية الفضائية للقمر الصناعي (WorldView-2).

أبرز الموارد المائية الموجودة في منطقة الدراسة هي المياه السطحية المتمثلة في أنهر شط العرب ودجلة والمجرى التابع إلى الفرات سابقاً، فضلاً عن بعض المسطحات المائية المتمثلة بالأهوار في القسم الشمالي الغربي من منطقة الدراسة، والمياه الجوفية في القسم الجنوبي الغربي وشريط ضيق من الخليج العربي في القسم الجنوبي الشرقي(الفريجي،٢٠٢١، ٣٧).

بحسب تقديرات الجهاز المركزي الإحصائي يبلغ عدد سكان محافظة البصرة لسنة ٢٠٢١ حوالي 898،141،3 نسمة (وزارة التخطيط، ٢٠٢٢). أما أهم النشاطات الاقتصادية الرئيسة في محافظة البصرة فهي الزراعية والنفطية والصناعية فضلاً عن الصيد والرعي.

ثالثاً: الأساس العملي

١- جمع عينات التربة:

إضافةً إلى ما توفر من بيانات تتعلق بالتلوث النفطي للهواء في منطقة الدراسة مثلما تمت الإشارة إليه في أعلاه، فقد كان من الضروري من الناحية العلمية معرفة تراكيز الهيدركربونات النفطية في مناطق الحقول النفطية وما يجاورها من مناطق سكنية مأهولة، على اعتبار أن المتساقطات الكربونية ستؤثر في التربة المحيطة بعد هطولها على سطحها. ويمكن عدّ ذلك دليلاً على تأثر المناطق المأهولة بالتلوث النفطي حينما تكون المركّبات المكتشفة متشابهة.

على هذا الأساس، تم جمع نحو١٣عينة من التربة السطحية، منها١١ عينة لمناطق متأثرة بالتلوث النفطي وعينتان فقط لمناطق أخرى غير متأثرة لاستخدامها كعينة ضابطة لأغراض المقارنة (الجدول١، والشكل٢).

تمت مراعاة أخذ عينات التربة من مواقع الاستخراج والإنتاج النفطي الواقعة ضمن محيط الشركات النفطية العاملة في منطقة الدراسة (أنظر الجدول١) (الشكل ٣)، تم تحديد مواقع بعض العينات من داخل الحقول النفطية، وأخرى خارج حدودها بالقرب من مناطق سكنية مأهولة وتقع في مسار سحب الدخان المنبعثة من الحقول النفطية، وذلك تماشياً مع أهداف الدراسة. تم جمع عينات من خلال قشط الطبقة السطحية للتربة لكونها الأكثر تأثراً بالمتساقطات الكربونية، ثم في تم وضعها في أكياس بلاستيكية نظيفة بحجم ١ كغم وإحكام غلقها وترميزها ونقلها في حاوية خاصة إلى المختبر.

٢- الفحص المختبري:

تضمن العمل المختبري تحضير وفحص وتحليل عينات التربة لأجل استخلاص تركيز الهيدركربونات الاورماتية المتعددة الحلقات Polycyclic aromatic hydrocarbons أو ما يعرف اختصاراً (PAHs). تم اختيار دراسة(٩) مركّبات أورماتية، هي: النفثالين Naphthalene، الميثيل Methyl، النفثالين 0-12 Naphthalene، اسينافثين Acenaphthy، الاسنافتالين Acenaphthene، الفلورين Fluorine، الفينانثرين Phenanthrene، الأنثراسين Anthracene، و الفلورانثين Fluoranthene. فحصت العينات في مختبر قطاع خاص خاضع للمعايير العلمية وبإشراف كادر أكاديمي متخصص، وتم إتباع طريقة Saliot & Goutex(١٩٨٠) في الفحص وكما مبين في الخطوات الآتية:

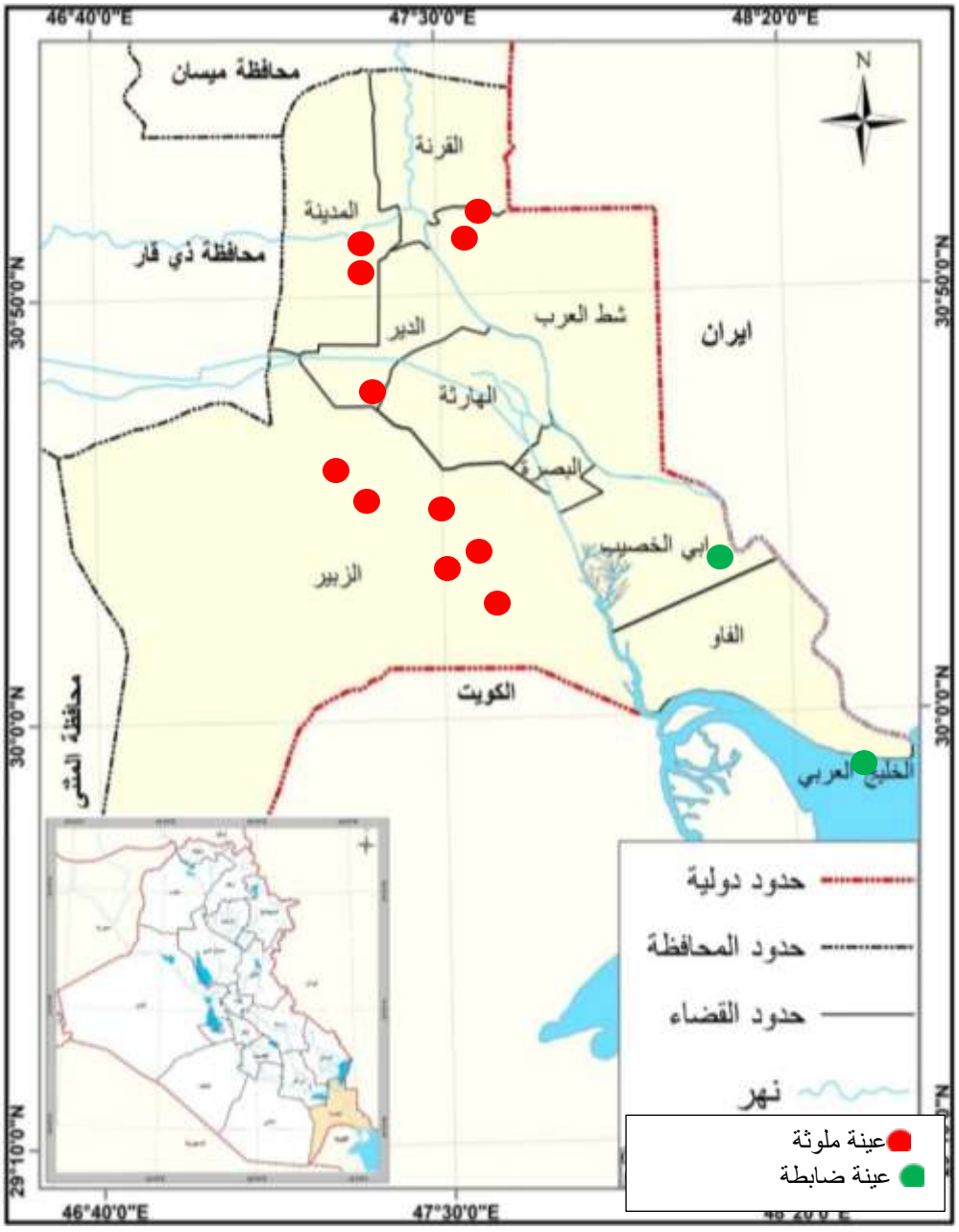
الجدول (١):

الوصف الجغرافي لمواقع عينات التربة التي تم جمعها من منشآت نفطية وما يجاورها ضمن منطقة الدراسة.

ت	رمز العينة	موقع العينة	شركة النفط العاملة	الوحدة الإدارية	الملاحظات
١	1A	في داخل حقل الرميلة الشمالية، بين المحطتين الرابعة والخامسة	هيئة تشغيل حقل الرميلة (شركة نفط البصرة، BP)	الزبير	منطقة بقربها متساقطات كربونية مترسبة من دخان شعلات محطات عزل الدخان
٢	1B	في خارج حقل الرميلة الشمالية، قرب القرية السكنية			تبعد القرية السكنية حوالي ٢.٥ كم عن محطات العزل ٤ و٥ في حقل الرميلة، وتقع القرية إلى الجنوب الشرقي من محطات العزل
٣	2A	في داخل حقل غرب القرنة ٢، منطقة الخيّوط	شركة Lukoil النفطية	المدينة	منطقة مجاورة لمتساقطات كربونية من شعلة الغاز الرئيسة
٤	2B	في خارج حقل غرب القرنة ٢، منطقة سكنية في الخيّوط			تقع المنطقة السكنية على بعد حوالي ٣ كم إلى الشرق من شعلة الغاز الرئيسة
٥	3A	في داخل حقل مجنون النفطي	شركة Total النفطية، شركة نفط البصرة BOC	القرنة	منطقة مجاورة لمتساقطات كربونية من شعلات الغاز في الحقل
٦	3B	في خارج حقل مجنون النفطي، قرب منطقة سكنية			تقع المنطقة السكنية على بعد حوالي ١ كم إلى الجنوب من الحقل النفطي
٧	4A	في داخل مجمع البتروكيمياويات، قرب الشعلة	الشركة العامة للصناعات البتروكيمياوية	الزبير	منطقة محاذية لمتساقطات كربونية من شعلة الغاز الرئيسة
٨	4B	في خارج مجمع البتروكيمياويات، في الحي السكني الملحق			تقع المنطقة السكنية على بعد لا يتعدى حوالي ٥٠٠ متر إلى الغرب من الشعلة الرئيسة
٩	٥	في داخل حقل نهران عمر	شركة نفط البصرة BOC	الهارثة	منطقة قريبة من متساقطات كربونية من شعلات الغاز في الحقل
١٠	٦	جوار مصفى البصرة، الشعيبة	شركة مصافي البصرة	الزبير	منطقة ملوثة بانسكاب نفطي يقع جوار المصفى بحوالي ١ كم وقريبة من منطقة سكنية بحوالي ١٥٠ متر
١١	٧	جوار شركة غاز البصرة، النجمي	شركة غاز البصرة BGC	الزبير	منطقة مجاورة لمتساقطات نفطية تقع جوار شعلات الغاز بحوالي ٥٠٠ متر
١٢	٨	قرية جيكور	/	أبي الخصيب	عينة ضابطة (أرض زراعية)
١٣	٩	الفاو الجنوبي	/	الفاو	عينة ضابطة (أرض زراعية)

المصدر: الدراسة الميدانية

الشكل(٢): مواقع عينات التربة التي تم جمعها من منطقة الدراسة.



المصدر: الدراسة الميدانية

الشكل (٣): جمع عينات التربة المتأثرة بالتلوث النفطي من مواقع مختلفة.

١- قرب مصفى البصرة ٢٠٢٣/١٠/٧
٣- قرب حقل القرنة ٢ ٢٠٢٣/١٠/٢٠

٢- قرب شركة غاز الجنوب ٢٠٢٣/١٠/٧
٤- منطقة الفاو ٢٠٢٣/١٢/١

المصدر: الدراسة الميدانية

أ- تم تجفيف التربة لمدة 24ساعة وبعدها، طحنت بواسطة الهاون الميكانيكي.

ب- نخلت العينات باستعمال المنخل المعدني قطر فتحتاته(62) مايكرون.

ج . تم أخذ وزن العينة(10)غرام من التربة المجففة والمطحونة والمنخولة في كشتبان الاستخلاص.

د. أضيف إلى العينة(150) مل من مزيج ميثانول البنزين بنسبة(1:1) في جهاز استخلاص سكسوليت المستمر لمدة 24 ساعة، ثم تركت العينة تبرد، وركّزت إلى(10) مل بواسطة المبخر الدوار، وجرت بعدها عملية الصوبنة Saponification.

هـ . تم فصل للدهون القابلة للاستخلاص لمدة ساعتين مع(4) عياري من المحلول المائي، الهيدروكسيد البوتاسيوم المذاب في الميثانول وإضافة(75) مل من خليط ميثانول البنزين بنسبة (1:1).

و. نقلت المحتويات إلى قمع الفصل وأضيف لها(50) مل من الهكسان الاعتيادي، ثم رجت جيداً وتركت لتستقر، إذ لوحظ تكون طبقتين، الطبقة السفلى هي الصوبنة التي تحتوي على الاحماض الدهنية والطبقة العليا غير الصوبنة تحتوي على الهيدروكربونات النفطية، اذ أهملت الطبقة السفلى ومررت الطبقة العليا على عمود الفصل كروموتكرافي يحتوي في أسفله الصوف الزجاجي ثم الطبقة من السليكا جل وفوقها اللأمونيا وبعدها طبقة كبريتات الصوديوم اللامائية. مرر(30)مل من الهكسان الاعتيادي على عمود الفصل للحصول على الجزء ألفاتي. وبعدها أضيف(30) مل من البنزين للحصول على الجزء الاروماتي.

ز. بخرت العينة للجفاف بجهاز المبخر الدوار، وأضيف اليها بعد ذلك(5) مل من الهكسان لتكون جاهزة للفحص بجهاز المطياف الضوئي GC-Mass لاستخراج النتائج.

رابعاً: النتائج والمناقشة:

يبين الجدول(٢)، نتائج فحص عينات التربة التي جمعها من مواقع محددة ضمن منطقة الدراسة، وقد تم الكشف عن تراكيز الهيدروكربونات الاورماتية تحديداً في هذه العينات لاستخلاص مؤشر عن التلوث النفطي من منشآت الصناعة النفطية المشمولة بالدراسة. ويمكن استعراض التحليل المكاني لهذه النتائج حسب المركّبات الاورماتية المكتشفة على النحو الآتي:

الجدول (2): تراكيز المركّبات الهيدروكربونية الاروماتية (PAHs) المكتشفة في عينات التربة المأخوذة من المواقع المنشآت النفطية وما يجاورها في منطقة الدراسة.

تسلسل العينة	١	٢	٣	٤	٥	٦	٧	٨	٩	١٠	١١	١٢	١٣
رمز العينة	1A	1B	2A	2B	3A	3B	4A	4B	٥	٦	٧	٨	٩
Naphthalene	0.04059	0.00959	0.00518	0.00388	0.168377	0.00005	0.001902	0.000419	0.000961	0.122724	0.000441	0.000226	0.000154
Naphthalene، 2-methyl-	0.03564	0.00179	0.00012	0.00218	0.209226	ND	0.021868	0.000239	0.003845	0.126443	0.000176	0.000196	0.000954
12-0 Naphthalene	0.03267	0.00816	0.00216	ND	0.195277	ND	0.02472	0.000189	0.008652	0.120865	0.000382	0.000216	0.000954
Acenaphthy	0.00198	0.001174	0.00159	0.00218	0.000279	ND	0.000951	0.000389	0	0.003719	0.000979	0.000108	ND
Acenaphthene	0.00099	0.00007	0.00379	0.00792	0.007971	ND	0.002852	0.00012	0.003845	0.003719	0.002937	ND	0
Fluorene	0.0023	0.001572	0.001674	0.001842	0.002989	0.000453	0.002852	0.000429	0.002884	0.003719	0.003917	0.00006	0.000148
Phenanthrene	0.00898	0.010748	0.005 7905	0.003 3428	0.003 3875	0.007 9779	0.003 1375	0.004 6857	0.003 9415	ND	0.101832	0.003745	0.001908
Anthracene	0.00099	ND	0.002291	0.002535	0.001993	0.001674	0.000951	ND	0.000961	ND	0.005875	ND	ND
Fluoranthene	ND	0.009952	0.002959	0.011686	ND	0.004334	0.003803	0.021933	0.003845	ND	0.006854	0	ND

ملاحظة: وحدة القياس= ug/g

ND= لم يتحسسها جهاز الفحص

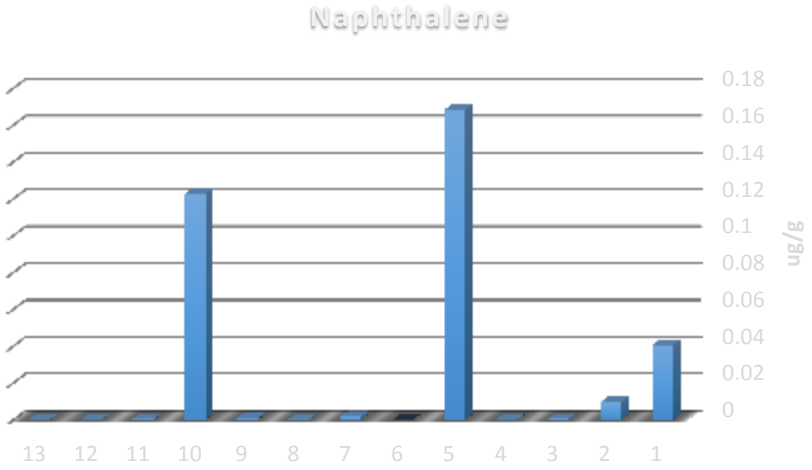
أرقام العينات ورموزها تناظر ما مؤشر في الجدول(١)

المصدر: الفحص المختبري (مختبر الوصال للتحليلات البيئية، أجريت الفحوصات بإشراف أ.د. وصال فخري حسن، البصرة، 2024).

١- **النفثالين Naphthalene:** مركّب عضوي له الصيغة الجزيئية $C_{10}H_8$، وهو أبسط هيدروكربون عطري (اورماتي) متعدد الحلقات، ويكون على شكل مادة صلبة بلورية بيضاء ذات رائحة مميزة يمكن اكتشافها بتركيزات منخفضة تصل إلى 0.08 جزء بالمليون، ويتكون هيكل النفثالين من زوج من حلقات البنزين المنصهرة (Amoore & Hautala، 1983). ويتحرر النفثالين في الهواء غالباً من احتراق النفط، ومن قطران الفحم وغيرها من العمليات الصناعية (ATSDR، 1995). يتم امتصاص النفثالين بسهولة في الدورة الدموية الجهازية بعد الاستنشاق أو الابتلاع وقد يؤدي إلى التسمم، ويمكن أيضاً أن يكون التعرض للنفثالين من خلال ملامسته للجلد (CCOHS، 2005). NP .

يتضح من نتائج الجدول(2) الممثل بيانياً في الشكل(٤)، إنه قد تم تسجيل تراكيز لمركّب النفثالين في جميع العينات المدروسة. ويظهر بوضوح في الموقع(5) أعلى قيمة 0.16 مايكغم/ غم في قضاء القرنة داخل حقل مجنون النفطي، وذلك يشير إلى أنها منطقة ذات تربة ملوثة بالمتساقطات الهيدروكربونية من شعلات الغاز في الحقل، بينما سجل بالمرتبة الثانية في الموقع(10) قيمة 0.12 مايكغم/ غم في قضاء الزبير بجوار شركة نفط البصرة منطقة النجمي الواقعة بجوار شعلات الغاز بحوالي 500 متر، وسجل الموقع(1) تركيز 0.004 مايكغم/ غم بالمرتبة الثالثة في داخل حقل الرميلة الشمالية بين المحطتين الرابعة والخامسة حيث أنها منطقة ذات التربة الملوثة بالمتساقطات الهيدروكربونية المترسبة من دخان شعلات محطات عزل. وعند المقارنة مع العينة الضابطة في الموقعين(12-13) قضاء أبي الخصيب والفاو كانت القيمة (0.00 مايكغم/ غم)، أي تختفي فيها تراكيز للملوثات لبعدها عن المنشآت النفطية.

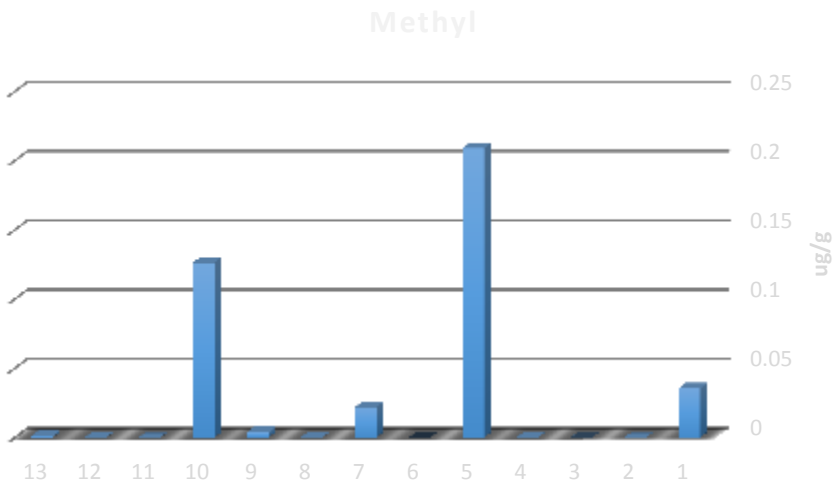
الشكل (4): التمثيل البياني لتراكيز مركّب النفثالين في عينات التربة المدروسة.



المصدر: اعتماداً على الجدول (2)

٢- **الميثيل Methyl:** يتبين من النتائج في الجدول(٢) الشكل البياني(5)، تباين تراكيز مركّب الميثيل في عينات التربة المختارة ضمن منطقة الدراسة، إذ إن التراكيز تبلغ أعلى قيمة 0.2 مايكغم/ غم في قضاء القرنة من داخل حقل مجنون النفطي، حيث أنها منطقة ذات التربة الملوثة بالمتساقطات الهيدروكربونية من شعلات الغاز في الحقل، بينما سجل في المرتبة الثانية تراكيز 0.1 مايكغم/ غم في قضاء الزبير بجوار مصفى البصرة الشعيبة ذات التربة الملوثة بانسكابات النفطية تقع بجوار المصفى على بعد حوالي 1كم ولا تبعد عن المنطقة السكنية سوى حوالي 150 متراً. وبالمقارنة مع العينة الضابطة في الموقع 13- (12) يظهر أن المناطق الملوثة بالنفط أعلى بكثير من القيم المسجلة في منطقة العينة الضابطة.

الشكل (5): التمثيل البياني لتراكيز مركّب الميثيل في عينات التربة المدروسة.



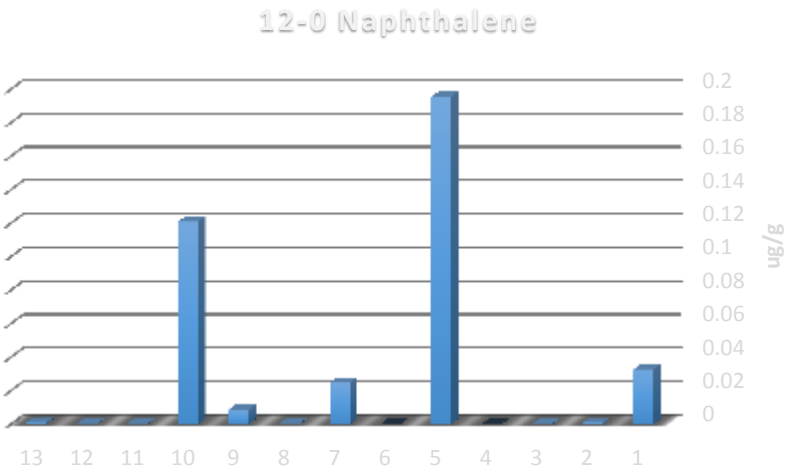
المصدر: اعتماداً على الجدول (2)

٣- **النفثالين Naphthalene 0-12:** يتضح من بيانات الجدول(2) والممثل بيانياً في الشكل (٦)، تباين القيم المسجلة مكانياً لتراكيز النفثالين ٠-١٢، إلا أن الموقع(5) يبدو أكثرها تركيزاً بقيمة قدرها 0.18 مايكغم/ غم، إذ تم جمع العينة من داخل حقل مجنون النفطي من منطقة ذات تربة ملوثة بالمتساقطات الهيدروكربونية، وأيضا تبلغ القيمة في الموقع (10) نحو 0.12 مايكغم/ غم، وعند المقارنة مع العينة الضابطة في الموقعين (13-12) ذي التربة الزراعية تسجل أدنى تركيز نظراً لبعدها عن المنشآت النفطية.

٤- **اسينافثين Acenaphthy:** مركّب كيميائي بالصيغة الجزيئية $C_{12}H_8$، مكّون من ثلاث حلقات، ويستخدم في تصنيع الأصباغ والمواد البلاستيكية والمبيدات الحشرية ويمكن أن يتحرر من النفط الخام وقطران الفحم. يمكن أن ينطلق إلى البيئة من خلال الانبعاثات النفطية، وتقطير قطران الفحم، ومحارق النفايات البلدية والحرائق الطبيعية (Santos et al ،2006،2299).

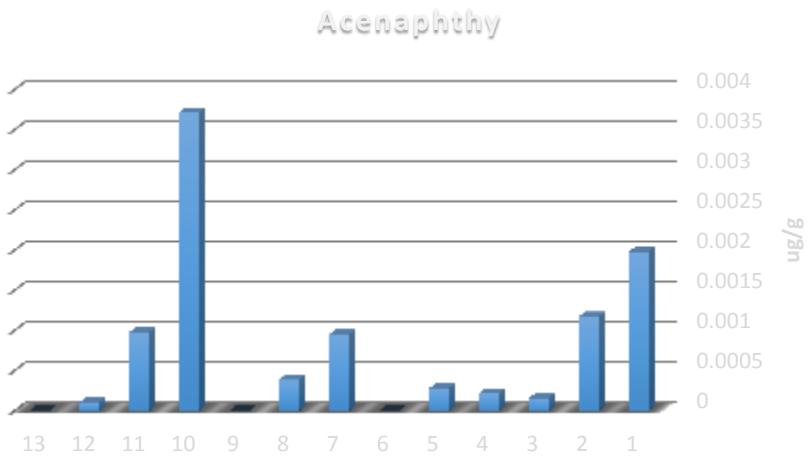
من الواضح بحسب نتائج الجدول(2) الممثلة بيانياً في الشكل(7)، إن التراكيز المسجلة لمركّب أسينافين في المواقع المختارة في منطقة الدراسة كانت مرتفعة بالمقارنة مع العينة الضابطة، وتتباين هذه القيم إلا أن الموقع(10) يبدو أكثرها تركيزاً بقيمة 0.0035 مايكغم/غم، إذ اخذت العين من قضاء الزبير جوار مصفى البصرة(الشعيبة) ذات التربة ملوثة بانسكاب نفطي وقريبة من منطقة سكنية، بينما سجلت أدنى قيمة في موقع العينة الضابطة (12) وهو أرض زراعية في منطقة الفاو الجنوبي.

الشكل (6): التمثيل البياني لتراكيز مركّب (النفثالين ٠-١٢) في عينات التربة المدروسة.



المصدر: اعتماداً على الجدول (2)

الشكل (7): التمثيل البياني لتراكيز مركّب اسينافثين في عينات التربة المدروسة.

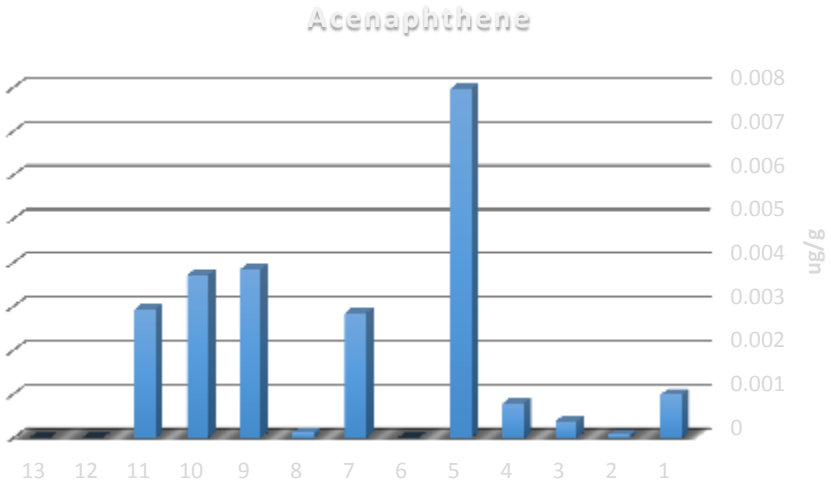


المصدر: اعتماداً على الجدول(2)

٥- **الاسنافتالين Acenaphthene: مركّب** بالصيغة الجزيئية $C_{12}H_{10}$، وهو عبارة عن هيدروكربون عطري متعدد الحلقات(PAH)، يتكون من حلقتين بنزين أو أكثر مفردة أو مندمجة.ويستخدم Acenaphthene كوسيط في إنتاج الصابون والمستحضرات الصيدلانية، وكمبيد حشري، ومبيد للفطريات، ومبيدات الأعشاب، ويدخل أيضاً في صناعة البلاستيك. (EPA،1982،(85-4. يمكن أنيكون الأسينافتالين أحد مكّونات القطران وزيت الكريوزوت وقطران الفحم والأسفلت (NP)،1995،ATSDR.

يتضح من بيانات الجدول(2) والشكل البياني (8)، تسجيل مركّب الاسنافتالين في العينات المدروسة، ويظهر أن التراكيز في جميع المواقع المختارة كانت مرتفعة باستثناء المواقع (6-12) لم يتحسسها جهاز الفحص، إلا أن الموقع (5) سجل أعلى تركيز قيمة 0.007 مايكغم/ غم في قضاء القرنة من داخل حقل مجنون النفطي ذات التربة الملوثة بالمتساقطات الهيدروكربونية من شعلات غاز الحقل، وأيضا سُجل في الموقع (9-10) بقيم متقاربة 0.003 مايكغم/ غم، وهي تربة ملوثة بالانبعاثات الهيدروكربونية، بينما سُجلت أدنى قيمة في الموقع العين الضابطة (13)، حيث أخذت العينة من أرض زراعية في منطقة الفاو الجنوبي بعيدة عن المنشآت النفطية.

الشكل (8): التمثيل البياني لتراكيز مركّب الاسنافتالين في عينات التربة المدروسة.

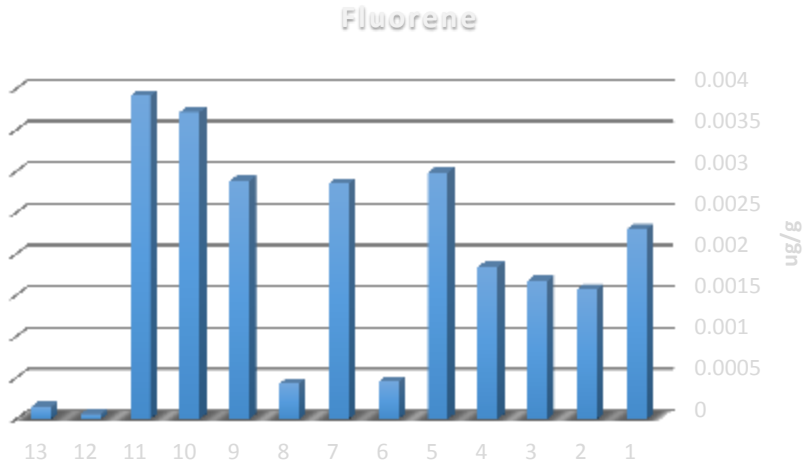


المصدر: اعتماداً على الجدول(2)

٦- **الفلورين Fluorine:** مركّب عضوي له الصيغة الجزيئية $C_{13}H_{10}$، ويكون على شكل بلورات بيضاء لها رائحة عطرية مميزة تشبه رائحة النفثالين، ويتميز بمضان بنفسجي، ومن هنا جاء اسمه fluorine، يتم الحصول على fluorine من قطران الفحم وحرق النفط (Griesbaum، 2000، NP).

من الواضح حسب نتائج الجدول(2) والقيم الممثلة بيانياً في الشكل (9)، إن التراكيز المسجلة لمركّب الفلورين في معظم المواقع المختارة ضمن منطقة الدراسة كانت مرتفعة بالقياس مع العينة الضابطة، وهذا يدل على تأثرها بالمتساقطات الكربونية والانسكابات النفطية. ويتضح تباين القيم المسجلة مكانياً، فقد بلغ التركيز في الموقع(11) حوالي 0.0037 مايكغم/غم، علماً إن عينة التربة أخذت من جوار شركة غاز البصرة (النجمي)، وأيضاً في الموقع(10) تبدو مرتفعة لتبلغ 0.0037 مايكغم/غم، علما التربة ملوثة بالانسكابات النفطية التي تقع جوار مصفى الشعيبة وقريبة من منطقة السكنية، أما في الموقع (9) داخل حقل نهران عمر فقد بلغ التركيز 0.003 مايكغم/غم، بينما في المواقع (1،7،5) تكون تراكيز متقاربة لتبلغ 0.002 مايكغم/غم، إذ إنها ترب ملوثة بالمتساقطات الكربونية، أما في المواقع (4،3،2) فقد بلغت تراكيز مركّب الفلورين 0.001 مايكغم/غم.

الشكل (9): التمثيل البياني لتراكيز مركّب الفلورين في عينات التربة المدروسة.

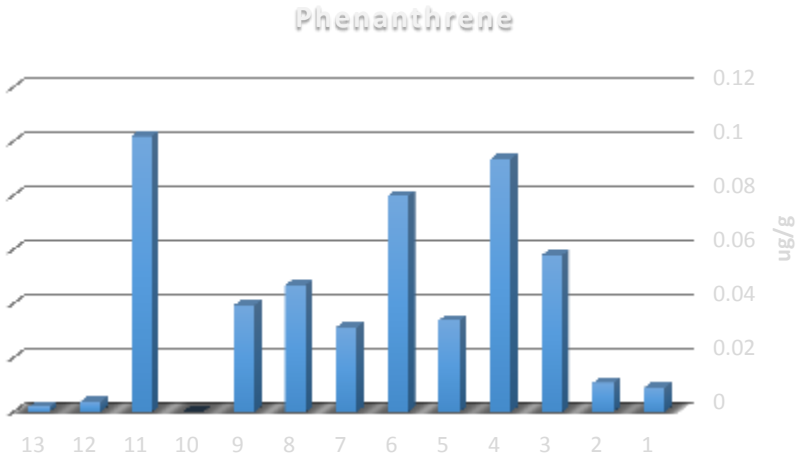


المصدر: اعتماداً على الجدول(2)

٧- **الفينانثرين Phenanthrene**: هيدروكربون عطري متعدد الحلقات (PAH) له الصيغة $C_{14}H_{10}$، ويتكون من ثلاث حلقات بنزين مندمجة. وهي مادة صلبة عديمة اللون تشبه الكريستال، ولكنها يمكن أن تظهر أيضاً باللون الأصفر. ويستخدم الفينانثرين في صناعة الأصباغ والمواد البلاستيكية والمبيدات الحشرية والمتفجرات والمخدرات. وعادةً ما يتعرض البشر للفينانثرين من خلال استنشاق دخان السجائر، ولكن هنالك طرق عدة للتعرض. وقد أظهرت الدراسات على الحيوانات أن الفينانثرين هو مادة مسرّطنة محتملة ATSDR،1990،(NP).

يلاحظ من الجدول(2) والشكل(10)، تسجيل تراكيز مرتفعة لمركّب الفينانثرين في المواقع المختارة ضمن منطقة الدراسة هذا دليل على أن تلوث التربة بالنفط. وتتباين القيم المسجلة مكانياً، إذ تكون في الموقع(11) أعلاها تركيزاً بقيمة 0.1 مايكغم/غم، وفي الموقع(4) يبلغ التركيز 0.09 مايكغم/ غم، علماً أن العينة جمعت العينة من جوار حقل غرب القرنة ٢ بالقرب من منطقة سكنية في الخيوط التي تبعد حوالي3 كم إلى الشرق من الحقل، وهي تربة ملوثة بالمتساقطات الهيدروكربونية، بينما في الموقع(6) تسجل قيمته 0.07 مايكغم/غم لكونها تربة ملوثة أيضاً تقع على بعد 1 كم من حقل مجنون النفطي. فيما يكون موقع العينة الضابطة (12-13) الأدنى تركيزاً بقيمة صفرية.

الشكل (10): التمثيل البياني لتراكيز مركّب الفينانثرين في عينات التربة المدروسة.

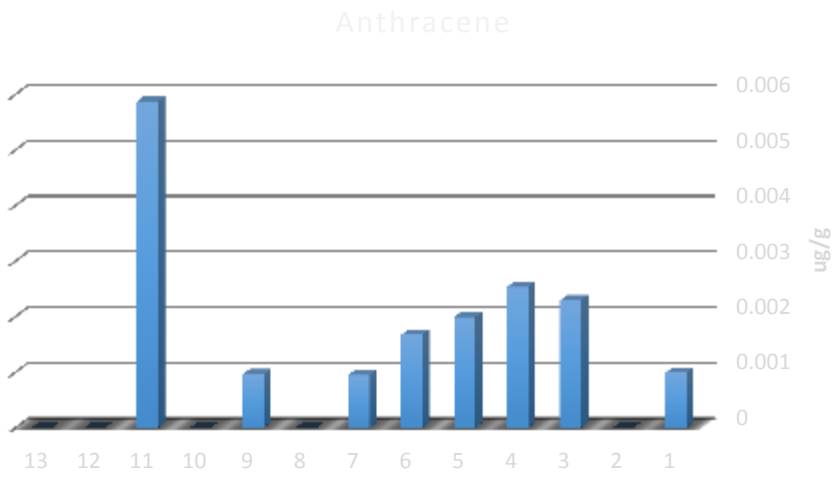


المصدر: اعتماداً على الجدول (2)

٨- **الأنثراسين Anthracene**: هيدروكربون اورماتي متعدد الحلقات صلب له الصيغة الجزيئية $C_{14}H_{10}$، ويتكون من ثلاث حلقات بنزين مندمجة. وهو أحد مكونات قطران الفحم واحتراق النفط. ويستخدم الأنثراسين في إنتاج الصبغة الحمراء الإيزارين والأصباغ الأخرى(Lindsey et.al ، 2014،(NP إن التعرض إلى جرعات من Anthracene لمدة قصيرة يمكن أن يسبب ضرراً للصحة، ومن الممكن التسبب بحرقان وحكة وتراكم السوائل في الأنسجة والغثيان وفقدان الشهية أو التهاب أو تورم المعدة والامعاء ATSDR،1990،(NP).

يتبين من نتائج الجدول(2) والشكل(11)، أن التراكيز المسجلة لمركّب الأنثراسين في المواقع المختارة من المنطقة الدراسة كانت مرتفعة، ويبدو التركيز في الموقع (11) أعلاها إذ بلغ ٠.٠٠٥ مايكغم/غم، بينما الأدنى تركيزاً سجل في موقع العينة الضابطة (12-13) حيث تكاد تختفي الملوثات في منطقة الفاو الجنوبي وقضاء أبي الخصيب لكونها منطقة زراعية بعيدة نسبياً عن تأثير المنشآت النفطية .

الشكل (11): التمثيل البياني لتراكيز مركّب الأنثراسين في عينات التربة المدروسة.

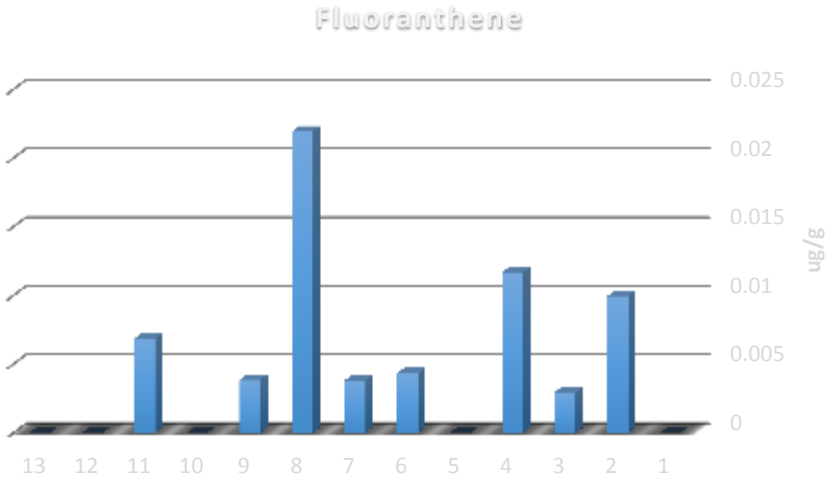


المصدر: اعتماداً على الجدول (2)

٩- **الفلورانثين Fluoranthene**: أحد مركّبات الهيدروكربونات العطرية متعددة الحلقات PAHs بالصيغة الجزيئية $C_{16}H_{10}$، ويعد الفلورانثين من المكّونات الطبيعية لقطران الفحم والنفط الخام والوقود الأحفوريPCA،2014 ، (NP). تم العثور على الفلورانثين في الهواء الملوث في المناطق الحضرية، من حرق النفط وعوادم المحركات والديزل والبنزين ودخان السجائر وغيرها من المنتجات غير المكتملة الاحتراق ذات المنشأ العضوي(International Agency for Research Cancer،1983). وهنالك بعض الدراسات تشير إلى أن الفلورانثين هو مادة مسرّطنة Hecht،1995،(1435-1433).

تشير نتائج الجدول (2) والشكل البياني (١٢)، إلى أن التراكيز المسجلة لمركّب الفلورانثين في المواقع المختارة في منطقة الدراسة كانت مرتفعة ويستثنى من ذلك مواقع العينة الضابطة، لذا فإن تسجيل وجود مركّب الفلورانثين في المواقع المدروسة يدل على تأثرها بالتلوث النفطي، التي تكون قد تعرضت لوقت طويل إلى المتساقطات الهيدروكربونية أو انسكاب نفطي. ويتضح أن الموقع(8) يبدو أكثرها تركيز بقيمة 0.02 مايكغم/غم، علماً أنه تم جمع العينة من خارج مجمع البتروكيمياويات في الحي السكني الملحق على بعد لا يتعدى حوالي 500 متر فقط إلى الغرب من الشعلة الرئيسة، فيما يكون موقع العينة الضابطة (12) الأدنى تركيزاً بقيمة صفرية.

الشكل (12): التمثيل البياني لتراكيز مركّب الفلورانثين في عينات التربة المدروسة.



المصدر: اعتماداً على الجدول (2)

خامساً: الاستنتاجات والتوصيات

١- الاستنتاجات

أ- من الواضح أن منطقة الدراسة تعاني من تلوث نفطي في تربتها، إذ يؤشر وجود بقايا لتراكيز الهيدروكربونات النفطية الاورماتية أنها ناتجة عن مصادر لنشاط نفطي محتمل.

ب- يبدو الارتباط المكاني واضحاً بين المناطق المتأثرة بالتلوث النفطي وتلك غير المتأثرة بعد؛ وذلك بدلالة تلوث عينات التربة المأخوذة من مناطق في داخل منشآت وحقول نفطية أو في جوارها ببقايا الهيدروكربونات الاورماتية. فيما كانت العينات المأخوذة من مناطق تخلو من النشاط النفطي (العينات الضابطة)قليلة أو منعدمة التراكيز الكربونية.

ج- يمثل الفارق في التراكيز الكربونية بين عينات التربة الملوثة وغير الملوثة، مدى التلوث النفطي الحاصل في المواقع المدروسة. وأن ارتفاع التراكيز في بعض العينات الملوثة إلى أكثر من عشرة أضعاف قياساً بالعينات غير الملوثة دليل على التأثير الكبير لعامل التلوث في منطقة الدراسة.

٢- التوصيات

أ- أخذ التحذيرات والتدابير الاحترازية عند الاقتراب من المناطق ذات النشاط النفطي على محمل الجد، والامتناع عن التعامل المباشر مع التربة المحيطة بتلك المناطق لاحتمال تلوثها بالهيدروكربونات المسرطنة.

ب . ضرورة المراقبة والرصد المستمر لمستويات التلوث بالقرب من المنشآت والحقول النفطية في منطقة الدراسة، وتكثيف الدراسات المعنية بمثل هذا الموضوع.

ج- اقتراح لائحة محددات وطنية تفصيلية لبيان الحدود القصوى المسموح بها لتراكيز المركّبات الهيدروكربونية سواء في التربة أو الهواء أو المياه، لأهمية هذا الموضوع بالنسبة لإتباع معايير السلامة والأمان، نظراً لأن مثل هذه المركّبات تشكّل تهديداً للبيئة والصحة العامة.

د- يُنصح باتباع التقانات الحديثة في التخلص من الانبعاثات الغازية كالمرشحات واستخدام التهوية الاكسجينية للعازلات الغازية، فضلاً عن منع التسرب النفطي وتطهير التربة واستصلاحها، وكذلك التعويض المجزي للسكان المتضررين وتوفير الرعاية الصحية الدائمة.

سادساً: المصادر:

١. البراك، أماني حسين عبد الرزاق، (٢٠١٠)، تحليل الجغرافي لتلوث الترب في محافظة البصرة، رسالة ماجستير، كلية التربية، جامعة البصرة.

٢. الحسن، شكري إبراهيم،(٢٠١١)، التلوث البيئي في مدينة البصرة، أطروحة دكتوراه، كلية الآداب، جامعة البصرة.

٣. الحمداني، حسين جاسم،(٢٠٢٠)، أثر التغير المناخي على مستقبل الموارد المائية في محافظة البصرة، رسالة ماجستير، كلية التربية للعلوم الإنسانية – جامعة البصرة.

٤. خضراوي عباس،(٢٠١٨)، تحديد الهيدروكربونات العطرية متعددة الحلقات (PAH_s) في الهواء بالجامعة والمستشفى لمدينة ورقلة بالطريقة النشطة، رسالة ماجستير، جامعة قاصدي ورقلة.

٥. الربيعي، داود جاسم،(١٩٨٨)، من خصائص التربة في محافظة البصرة، موسوعة البصرة الحضارية – المحور الجغرافي، مطبعة جامعة البصرة.

٦. السعد، حامد طالب، الحسن، شكري إبراهيم، سلمان، نادر عبد، والشوافي، نبيل عبده، (٢٠٢٤)، كيمياء البيئة والتلوث، دار المعارف للكتب الجامعية، البصرة.

٧. السلمان، سها وليد مصطفى،(٢٠١٥)، تأثير الصناعة النفطية في تلوث الترب الزراعية لقضائي القرنة والمّدينة، أطروحة دكتوراه، كلية الآداب، جامعة البصرة.

٨. الصرايفي، علي ناصر عبدالله،(٢٠١٩)، آثار التلوث البيئي في التنوع الاحيائي في محافظة البصرة، أطروحة دكتوراه، كلية التربية للعلوم الانسانية، جامعة البصرة.

٩. الصرايفي، علي ناصر عبدالله،(٢٠٢١)، الآثار الناجمة عن مصفى الشعيبة جنوب العراق على البيئة المجاورة ، مجلة خليج العربي، مجلد ٤٩، العدد١.

١٠. عبدالحسين، أسحاق نمر،(٢٠١٥)، التحليل الجغرافي لمعامل الغاز ومحطات تعبئة الوقود في محافظة البصرة، رسالة ماجستير، كلية التربية للعلوم الإنسانية – جامعة البصرة

١١. علي، معن عبود، والفيصل، ايهاب عباس، (٢٠١٥)، التحليل الاقتصادي للتلوث البيئي النفطي مع اشارة محافظة البصرة للمدة ٢٠٠٣ –٢٠١٣، مجلة الاقتصادي الخليجي، العدد ٢٥.

١٢. الفريجي، نازك كاظم، (٢٠٢١)، خصائص مياه الري وتأثيراتها الزراعية في محافظة البصرة للمدة ٢٠٠٩–٢٠١٩، رسالة ماجستير، كلية التربية للعلوم الإنسانية – جامعة البصرة

١٣. وزارة البلديات والأشغال العامة، بلدية البصرة، قسم التخطيط والمتابعة، خريطة محافظة البصرة بمقياس ١/٢٤٠٠.

١٤. وزارة التخطيط، (٢٠٢٢)، الجهاز المركزي للإحصاء، التقديرات السكانية لسنة ٢٠٢١

15 Amoore JE، Hautala E.، (1983)، "Odor as an aid to chemical safety: Odor thresholds compared with threshold limit values and volatiles for 214 industrial chemicals in air and water dilution". J Appl Toxicol. 3 (6): 272 290.

16 ATSDR (Agency for Toxic Substances and Disease Registry)، (1990)، Public Health Statement، Polycyclic Aromatic Hydrocarbons. Atlanta، GA: U.S. Department of Health and Human Services.

17 ATSDR (Agency for Toxic Substances and Disease Registry)، (1995)، Toxicological Profile for Naphthalene (Update). Public Health Service، U.S. Department of Health and Human Services، Atlanta، GA. Available online at http://www.atsdr.cdc.gov/ToxProfiles/TP.asp?id=122&tid=25.

18 CCOHS (Canadian Centre for Occupational Health and Safety)، (2005)، Naphthalene، Cheminfo.

19 EPA (US. Environmental Protection Agency)، (1982)، An exposure and risk assessment for benzo[a]pyrene and other polycyclic aromatic hydrocarbons. Vol III: Anthracene، acenaphthene، fluorenthene، fluorene، phenanthrene and pyrene. Office of Water، Washington، DC. EPA/440/4-85/020

20 Griesbaum، Karl; Behr، Arno; Biedenkapp، Dieter; Voges، Heinz-Werner; Garbe، Dorothea; Paetz، Christian; Collin، Gerd; Mayer، Dieter; Höke، (2000)، "Hydrocarbons". Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry. Weinheim: Wiley-VCH

21 Hecht، SS; Amin، S; Lin، JM; et al.، (1995)، Mammary carcinogenicity in female CD rats of a diol epoxide metabolite of fluoranthene، a commonly occurring environmental pollutant. Carcinogenesis 16(6):1433-1435.

22 International Agency for Research on Cancer، (1983)، Polynuclear aromatic compounds، pt 1، chemical، environmental and experimental data. Summary of data reported and evaluation. IARC monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans، vol 32. Geneva: WHO.

23 Koren، H.،(2005)،Illustrated Dictionary and Resource Directory of Environmental and Occupational Health،2nd ed.، CRC Press، New York.

24 Lindsey، J. et al.، (2014)، "Anthracene". PhotochemCAD. Retrieved 20 February 2014.

25 MPCA (Minnesota Pollution Control Agency)، 2014، Interagency submission to MDH.

26 Salman،J. M.، (2019)، Evaluation and Monitoring the poly Aromatic Hydrocarbons (PAHs) in Tigris River south of Baghdad (IRAQ)، All-Kunooze Scientific Journal ،Vol 1.

27 Santos، R.C.، Bernardes، C.E.S.، Diogo، H.P.، Piedade، M.F.M.، Canongia Lopes، J.N. & Minas da Piedade، M.E.، (2006)، Energetics of the thermal dimerisation of acenaphthylene to heptacyclene. The Journal of Physical Chemistry. A، 110(6): 2299–2307