

## دراسة الفحوم الهيدروجينية العطرية متعددة الحلقات (PAHs) في مياه بحيرة سوريث

د. هيثم شاهين\*

د. حسين جندي\*\*

د. أحمد قره علي\*\*\*

امال عطيه\*\*\*\*

(تاريخ الإيداع 24 / 2 / 2021. قُبِلَ للنشر في 1 / 9 / 2021)

### □ ملخص □

إن دراسة الفحوم الهيدروجينية العطرية PAHs في مياه البحيرات يُعتبر أمراً هاماً للغاية وذلك لتقدير درجة التلوث ومخاطرها البيئية في هذه المياه. لذلك قمنا في هذا البحث بجمع عينات مائة من بحيرة سوريث خلال عام كامل، وجرى استخلاصها ودراستها كميًا ونوعيًا باستخدام تقانة الكروماتوغرافيا الغازية المتصلة بمطيافية الكتلة (GC/MS) من أجل تحديد تراكيز الفحوم الهيدروجينية المتعددة النوى العطرية الـ PAHs خلال فصول السنة. أظهرت نتائج البحث أن المجموع الكلي لتراكيز المركبات العطرية كان مرتفعاً في فصل الشتاء مقارنةً مع بقية الفصول، وقد بلغت قيمته 508.1ng/l، بينما سجل مجموع التراكيز قيمة منخفضة في فصل الصيف، وكانت مساوية 308.47 ng/l. كانت بعض الفحوم الهيدروجينية العطرية PAHs ذات الأوزان الجزيئية المنخفضة (3حلقات) هي المسيطرة في العينات المائية خلال فصول الدراسة وكانت التراكيز الكلية لمركبات الـ PAHs في العينات المائية المدروسة أكبر من القيمة المسموحة لها في مصادر مياه الشرب مما يشكل خطراً يهدد حياة الإنسان.

**الكلمات المفتاحية:** الفحوم الهيدروجينية العطرية متعددة الحلقات، تقانة الكروماتوغرافيا الغازية، مياه بحيرة سوريث.

---

\* أستاذ - قسم الهندسة البيئية - كلية الهندسة المدنية - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية.

haithamshahin@tishreen.edu.sy

\*\* مدرس - قسم هندسة النظم البيئية - المعهد العالي لبحوث البيئة - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية. juniedih@gmail.com

\*\*\* أستاذ مساعد - قسم الكيمياء - المعهد العالي للبحوث البحرية - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية.

ahmad.ibrahim.kara-ali@tishreen.edu.sy

\*\*\*\* طالبة دكتوراه - قسم الهندسة البيئية - كلية الهندسة المدنية - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية. البريد الإلكتروني:

amal83ym@gmail.com

## Study of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs) in Water of Lake Sureat

Dr. Haitham Shaheen\*  
Dr. Hussein Junaidi\*\*  
Dr. Ahmed Qara Ali\*\*\*  
Amal Ateah\*\*\*\*

(Received 24 / 2 / 2021. Accepted 1 / 9 / 2021)

### □ ABSTRACT □

Determining the concentrations of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in lake waters is very important to assess pollution and its environmental risks in this water. Therefore, in this research, water samples were collected in Lake Sureat during the whole year, and extracted and studied quantitatively and qualitatively using the technology of gas chromatography (GC-MS) in order to determine the PAHs concentrations during the seasons of the year. The results showed that the total concentrations of aromatic compounds were high in winter compared to the rest of the seasons, as its value was 508.1 ng/l. The total concentration of aromatic compounds recorded a low value in the summer, and its value was 308.47 ng/l. Some PAHs with low molecular weights (3 rings) were dominant in the water samples during the study seasons, and the total concentrations of PAHs compounds in the studied water were greater than the permissible value in drinking water sources, which poses a threat to human life.

**Keywords:** polycyclic aromatic hydrocarbons, Gas Chromatography technique, water of Lake Sureat.

---

\* Professor, Department of Environmental Engineering, Faculty of Civil Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria. haithamshahin@tishreen.edu.sy

\*\*Assistant Professor, Department of Environmental Systems Engineering, High Institute of Environmental Research, Tishreen University, Lattakia, Syria. juniedih@gmail.com

\*\*\* Associate Professor, Marine Chemistry Department, High Institute of Marine Research, Tishreen University, Lattakia, Syria. ahmad.ibrahim.kara-ali@tishreen.edu.sy

\*\*\*\*PhD Student, Department of Environmental Engineering, Faculty of Civil Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria. E-mail: amal83ym@gmail.com.

**مقدمة:**

تعتبر مياه البحيرات والينابيع والآبار من أهم المصادر المائية المستخدمة لأغراض الشرب، وتشكل المورد الأساسي لتلبية احتياجات السكان المتنامية. أدى التزايد السكاني والتطور الصناعي والتجاري والحرفي والخدمي إلى تلوث هذه المصادر بأشكال مختلفة من الملوثات العضوية واللاعضوية، وقد تصل هذه الملوثات إلى الكائنات الحية وتتراكم عبر السلسلة الغذائية مسببة خللاً في النظام البيئي [1].

تُعتبر الملوثات العضوية المقاومة للتحلل (Persistent organic pollutants (POPs) من أخطر أشكال الملوثات الموجودة في مصادر المياه المستخدمة لأغراض الشرب، ولذلك فقد أثارت قلقاً كبيراً لدى الحكومات في الكثير من دول العالم [2].

أكدت الدراسات العلمية الحديثة على درجة الخطر الذي تسببه هذه الملوثات على البيئة، كما أن وصولها إلى الإنسان عن طريق مياه الشرب سوف يسبب له الكثير من الأمراض التي قد تؤدي بحياته وقد أثبتت هذه الدراسات عدم قدرة طرق المعالجة التقليدية في إزالتها، وبقيتها بعد عمليات المعالجة [3].

الملوثات العضوية المقاومة للتحلل (POPs) هي مواد كيميائية سامة تنشأ من مصادر بشرية مرتبطة بإنتاج بعض المواد الكيميائية العضوية واستخدامها والتخلص منها، وكذلك تنشأ من مصادر طبيعية كالبراكين وحرارة النباتات والغابات [4,5].

تُعتبر المواد الكيميائية الصناعية والمستحضرات الصيدلانية والهرمونات والأصبغ والمبيدات الزراعية والفحوم الهيدروجينية العطرية والديوكسينات والفيورانات وغيرها من أشكال الملوثات العضوية المقاومة للتحلل (POPs)، حيث يمكنها البقاء في البيئة لفترات طويلة جداً لأنها تقاوم التحلل الضوئي والكيميائي والبيولوجي وأصبحت قضية عالمية رئيسية بسبب مقاومتها لعمليات التفكك وإمكانية انتقالها لمسافات بعيدة وقدرتها على التراكم الحيوي في الأنسجة الدهنية وسميتها العالية حتى عند التراكيز المنخفضة [6].

تتواجد الملوثات العضوية المقاومة للتحلل (POPs) في الشكل الغازي ومدمصة على سطح الجسيمات الصلبة والرواسب المائية، وتكون في جميع أنحاء العالم، حيث يمكنها الانتقال بعيداً عن المصدر المسبب لها والاستقرار بأي مكان ويمكنها أن تصل إلى المنطقة القطبية الشمالية، وتنتقل مع الرياح وتترسب مع مياه الأمطار وتصل إلى البيئة المائية من مصادر متعددة كالأراضي الزراعية وحرق النفايات ومكبات القمامة وعمليات الاحتراق غير الكاملة وعبر وسائل النقل وغيرها، وتسلك مسارات مختلفة مع الجريان السطحي الزراعي عبر الصرف الصحي والصناعي ومن رشاحة المكبات وترسب الأبخرة والرماد المتطاير من الغلاف الجوي وغيرها [7].

ونظراً لخطورة هذه الملوثات فقد تم توقيع اتفاقية استكهولم عام 2001 التي أدرجت العديد من المركبات ضمن قائمة الملوثات المستقرة [8,9].

سنقوم في هذا البحث بدراسة الفحوم الهيدروجينية العطرية متعددة الحلقات في مياه بحيرة سوريت لتحديد درجة تلوثها ومخاطرها البيئية.

تُعتبر الفحوم الهيدروجينية العطرية متعددة الحلقات (Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs) من الملوثات العضوية المستقرة (POPs)، وتُعد من المركبات العضوية نصف الطيارة [10]، ونظراً لتأثيراتها السمية المسببة للسرطانات والطفرة الجينية والوراثية تعتبر مركبات الـ PAHs من أهم الملوثات البيئية وأخطرها وفق وكالة

حماية البيئة الأمريكية USEPA (United States Environmental Protection Agency) والاتحاد الأوروبي (European Union) EU [11,12].

يثير انتشار الفحوم الهيدروجينية العطرية متعددة الحلقات الـ PAHs في الأوساط البيئية مخاوفاً صحيةً وبيئيةً حقيقيةً بسبب خواصها السمية المسرطنة [13]، فقد أشارت وكالة حماية البيئة الأمريكية إلى أن المياه الملوثة تشكل مخاطر صحية كبيرة والتي تؤثر سلباً على صحة الكائنات الحية المائية التي تستهلك الأسماك والمحار وصولاً إلى الإنسان. إن مركبات الـ PAHs غير نشطة إلا أن سلوكها يتغير بفعل التفاعلات الأنزيمية في الكائنات الحية الملوثة بهذه المركبات عبر مجموعة من التفاعلات البيوكيميائية منتجة مستقلبات ذات آثار سمية جينية ومسرطنة ومسببة للطفرات الوراثية [14]، لوحظ ازدياد معدل الأمراض المناعية عند الأطفال الذين يعيشون في المدن ذات النشاطات الصناعية والتي تتميز بارتفاع انبعاثات الـ PAHs في البيئة [15]، ومن الآثار السمية أيضاً لهذه المركبات تعطيل عمل الغدد الصماء [16]، كما أن تراكمها في الأغذية الخلوية للكائنات المائية يسبب اضطراب في وظيفة وخواص هذه الأغذية والذي يظهر تأثيره بشكل واضح على النظام المناعي في هذه الكائنات [17]، يؤدي أيضاً التعرض لهذه المركبات للإصابة باختلال هرموني وحساسية وطفح جلدي وروبو وأورام الكبد وكذلك مشاكل في الكلى ويؤدي أيضاً لحدوث ولادات مبكرة إضافة إلى حدوث اضطرابات في نمو الجهاز التناسلي والعصبي عند الإنسان [18,19]، حيث رصد وجود علاقة طردية بين التعرض لمركبات الـ PAHs وسرطانات الجلد والرئة والثدي عند استنشاق هذه الملوثات من الغلاف الجوي خاصة في المناطق الصناعية التي تعمل على إطلاق الـ PAHs في الهواء الجوي من المداخن [20,21]، كما لوحظ على العمال الذين يتعرضون في عملهم إلى استنشاق أبخرة النفتالين، تهيج العينين والطرق التنفسية والتهابات جلدية وسرطانات نتيجة ملامسة النفتالين السائل [22,23].

إن تحلل مركبات PAHs يحدث بكفاءة منخفضة جداً، وتعتمد درجة تحلل الهيدروكربونات العطرية متعددة الحلقات على عدد الحلقات العطرية في المركب فكلما زادت عدد الحلقات مما يجعل هذا المركب أكثر مقاومة للتحلل [24]، بالإضافة إلى تشكل الهيدروكربونات الكلورية أوالتراري هالوميثانات (THMs) عند إضافة الكلور إلى المياه الحاوية على مركبات PAHs وهذه المركبات أشد خطراً وأكثر سمية [25].

## أهمية البحث وأهدافه:

تكمن أهمية البحث في تقييم واقع التلوث بمركبات الـ PAHs التي تنتمي إلى مجموعة الملوثات العضوية المستقرة POPs، حيث تعتبر ذات انتشار واسع ومن الملوثات الرئيسية بالبيئة نظراً لسلوكها المعقد وخطورة التلوث البيئي بها. يهدف البحث إلى تحديد تراكيز بعض مركبات الفحوم الهيدروجينية العطرية متعددة الحلقات الـ PAHs في مياه بحيرة سورييت والتي تشكل خطراً كبيراً على النظام البيئي، بغية تقييم واقع تلوثها بمركبات الـ PAHs.

### 1- وصف منطقة الدراسة:

تقع بحيرة سورييت ضمن وإد ضيق أسفل هضبة صخرية على الحدود الإدارية الفاصلة بين محافظتي اللاذقية وطرطوس، ويبين الشكل (1) صورة للبحيرة ولموقع أخذ العينات (شمال البحيرة باتجاه بحيرة السن)، حيث تظهر البحيرة مغطاة بالطحالب والعوالق النباتية ومحاطة بالأشجار والأعشاب والنباتات والتي جعلتها تبدو وكأنها منطقة خضراء.

تُغذي بحيرة سوريت من الشرق والجنوب الشرقي والشمال الشرقي مجموعة من الينابيع، ويبعد نبع سوريت عن نبع السن مسافة 100 m باتجاه الجنوب ويشاركه في حوضه المغذي، وتبلغ غزارة نبع سوريت (2.5 m<sup>3</sup>/s) [26,27]. تنتشر في الحوض المغذي لبحيرة سوريت مصادر عديدة للتلوث أهمها مصبات الصرف الصحي ومخلفات معاصر الزيتون ومكبات القمامة والبيوت البلاستيكية ومواد التعقيم والمبيدات الزراعية والأسمدة بالإضافة إلى التلوث الناجم عن وسائل النقل المختلفة المارة على طريق بانياس جبلة القديم والأوتستراد وسكة القطار قرب البحيرة، حيث تُشكل هذه الأنشطة خطراً كبيراً يهدد جودة مياه نبع سوريت، وتساهم في وصول الكثير من الملوثات العضوية واللاعضوية إلى البحيرة [28,29].

هناك علاقة وثيقة بين نقاء مياه نبع سوريت وحماية الحوض المغذي من مصادر التلوث المختلفة، وتستند هذه العلاقة على الطبيعة الجغرافية والهيدرولوجية والطبقات الصخرية والحوامل المائية وغيرها [30]. تتميز منطقة الدراسة تكتونياً ببنية معقدة بسبب كثافة وشدة الفوالق والصدوع والشقوق ذات الاتجاهات التي تلعب دوراً هيدرولوجياً ناقلاً للمياه الجوفية، والذي يمكن تشبيهه بنهر جوفي يؤمن الواردات المائية لنبع سوريت بسبب الميول الهيدروليكية وتوفر النفوذية والشقوقية والكارست في هذه المنطقة. هناك ارتباط مباشر بين الهطولات المطرية وارتفاع التصريف للنبع مما يدل على وجود سرعة عالية لانتقال المياه الجوفية الراشحة ووصولها إلى النبع [31].



الشكل (1): صورة فضائية لموقع بحيرة سوريت.

إن أهمية نبع سوريت لا تقل أهمية عن نبع السن على الرغم من عدم استخدامه لأغراض الشرب وذلك بسبب العلاقة العضوية التي تربط بينهما أثناء انخفاض غزارة نبع السن وعدا عن احتمال وجود علاقة داخلية ضمن الحوض

الجوفي، حيث ازدادت غزارة نبع سوريث بعد حجز المياه خلف سدة السن عام 1950 وأثناء انخفاض غزارة نبع السن تعود المياه من بحيرة سوريث إلى جوف الأرض، وتم توثقها بشكل دقيق خلال فترة الانخفاض الشديد في غزارة نبع السن وتزداد غزارة المياه الداخلة إلى جوف الأرض مع تقدم الزمن وانخفاض غزارة نبع السن واستمرت ظاهرة دخول الماء إلى جوف الأرض في بحيرة سوريث حتى بعد ارتفاع غزارة نبع السن، وهذا يشير إلى انتقال للملوثات من بحيرة سوريث إلى بحيرة السن [30].

## طرائق البحث ومواده:

### 1- منهجية إجراء البحث:

#### 1-1- جمع العينات:

جُمعت عينات مائية من شمال البحيرة وتم تحديد بعض خواصها الهيدروكيميائية كدرجة الحرارة ودرجة الحموضة (pH) والناقلية باستخدام جهاز قياس حقلي نوع (PCT-407)، حُفظت العينات في عبوات زجاجية عاتمة تم تنظيفها مسبقاً بالمحلات العضوية (نظامي الهكسان ودي كلور الميثان)، حيث أُخذت العينات على عمق حوالي (30-50cm) وأضيف إلى كل عينة بعد جمعها مباشرة كلوريد الزئبق  $Hg_2Cl_2$  وذلك تجنباً لحدوث عملية التحلل الجرثومي للهيدروكربونات العطرية وتمت عملية استخلاص المركبات الهيدروكربونية العطرية متعددة الحلقات مباشرة بعد الوصول إلى المخبر [32,33].

تم أخذ العينات من موقع في شمال البحيرة ولقد اخترنا هذا الموقع لقربه من بحيرة السن والتي من المحتمل أن تتأثر بالملوثات الموجودة في بحيرة سوريث نتيجة العلاقة العضوية التي تربط بينهما [30].

لقد تم قطف 9 عينات مائية من الموقع المحدد بالشكل (1) بحيث تمثل فصول السنة والتغيرات المناخية والظروف المحيطية التي حدثت في المنطقة في فترات الجفاف والأمطار والحرائق على مدى عام كامل، وقد امتد ذلك (من حزيران 2019 حتى حزيران 2020).

#### 1-2- استخلاص العينات:

أستخلصت العينات المائية بعد جمعها مباشرة بطريقة استخلاص (سائل - سائل) بقمع الفصل سعة ليترين وباستخدام 80 ml من مزيج من المحلات العضوية نظامي الهكسان: دي كلور الميثان بنسبة (1:1)، ثم ركزت الخلاصات العضوية باستخدام المبخر الدوار حتى 10 ml ثم بتيار من غاز الآزوت حتى 1 ml لتصبح جاهزة لعملية الفصل والتنقية [32,33].

#### 1-3- تنقية المستخلصات وتجزئتها:

أعتمد لهذه الغاية مبدأ الكروماتوغرافيا الإمتزازية على السيلكاجل وألومينا متعادلة، حيث تراوح حجم الحبيبات من 70 حتى 230 mesh، تُنشط المواد الدامصة (ألومينا والسيليكاجل) المنظفة مسبقاً بتسخينها في الدرجة  $200\text{ }^{\circ}\text{C}$  لمدة 4 ساعات، ثم تُخمد جزئياً بإضافة 2% وزناً ماء مقطر إلى الألومينا و5% وزناً ماء مقطر إلى السيليكاجل ثم تُمزج بلطف وتُترك حتى تتوازن في أوعية محكمة الإغلاق طوال الليل وبعيداً عن الضوء، لقد تمت عملية الفصل والتنقية باستخدام الأعمدة الكروماتوغرافية التقليدية حيث استخدمت ساحات زجاجية سعتها 50 ml وقطرها الداخلي 1 cm ، تم تعبئتها بالطريقة الرطبة كالتالي: وُضع في أسفل العمود قطعة من الصوف الزجاجي المنظفة مسبقاً

بالمحلات العضوية ثم مُلئ ب نظامي الهكسان، وأضيف 10 ml من السيلكاجل، ثم 10ml من الألومينا المتعادلة وأخيراً أُضيف 1 ml من كبريتات الصوديوم اللامائية لمنع تشوه سطح العمود.

جرى تنقية جميع المواد المستخدمة في عملية التنقية والتجزئة ( كبريتات الصوديوم ، الصوف الزجاجي، السيلكاجل، الألومينا) بواسطة جهاز سيكسوليه لمدة 8 ساعات وباستخدام مزيج من المذيبات العضوية ( نظامي الهكسان وثنائي كلورميتان) كطور متحرك.

تم الحصول على القطفة الأولى ( F1) والتي تضم الفحوم الهيدروجينية الأليفاتية عبر تمرير 20 ml من نظامي الهكسان، جمعت القطفة الثانية ( F2) والتي تضم الفحوم الهيدروجينية الخفيفة من خلال تمرير 30 ml من مزيج نظامي الهكسان وثنائي كلورميتان وبنسبة (10:90)، جمعت القطفة الثالثة (F3) والتي تضم الفحوم الهيدروجينية العطرية الثقيلة باستخدام 20 ml من نظامي الهكسان و ثنائي كلورميتان وبنسبة (50:50).

جُمعت القطفتان F2 و F3 مع بعضها البعض وركزت القطفات حتى 1 ml بالمبخر الدوار وباستخدام تيار لطيف من الأزوت وأصبحت بذلك العينة جاهزة لتحليلها بواسطة جهاز الكروماتوغرافيا الغازية المزودة بكاشف مطيافية الكتلة.

#### 1-4- التقانة المستخدمة في التحليل:

تم التحليل الكيفي والكمي للخلاصات العضوية للعينات المدروسة باستخدام جهاز الكروماتوغرافيا الغازية نوع (Hewlett – Packard) موديل 6890 الموصول بمكشاف مطيافية الكتلة gas chromatography/ mass spectrometry (GC/MS)، الذي يعمل بنظام درجة حرارة ثابتة ونظام البرمجة الحرارية للعمود.

تمّ استخدام عمود شعري من الزيوت السيليكونية من النوع (DB-5) طوره الثابت (5% فينيل ميثيل السيليكون)، طولُه (30 m) وقطره الداخلي (0.32 mm) وتبلغ سماكة الطور الساكن (0.25 µm)، الغاز الحامل هو الهيليوم He بنقاوة 99.999% وبسرعة تدفق (2 ml/min)، درجة حرارة الحاقن (250 °C) ودرجة حرارة منبع التشرد (230°C) ، حرارة رباعي الأقطاب في مطيافية الكتلة (150 °C) ، أجريت عملية الفصل وفق البرنامج الحراري الآتي:

$$70\text{ }^{\circ}\text{C} \longrightarrow 4\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{min} \longrightarrow 280\text{ }^{\circ}\text{C} (20\text{ min})$$

حُقنت العينات باستخدام حاقن آلي ميكروي بتقانة الحقن split/split less وبدون تجزئة. كان حجم الحقن من مستخلص العينة 1µl، حللت العينات نوعياً بالطريقة العيارية وذلك بمقارنة أزمان احتفاظ مركبات العينة مع أزمان احتفاظ لمحلول عياري خارجي لمركبات الـ PAHS والحاوي على مزيج من المركبات العطرية (2 ~ 6 حلقات عطرية) مصدره شركة Sigma كما مبين في الشكل (2).

تم حساب تركيز مركبات الفحوم الهيدروجينية العطرية من العلاقة:

$$C = \frac{R_f * Area * V_{ext}}{V_{inj} * V} * 1000$$

C : تركيز المركب في العينة (ng/l) .

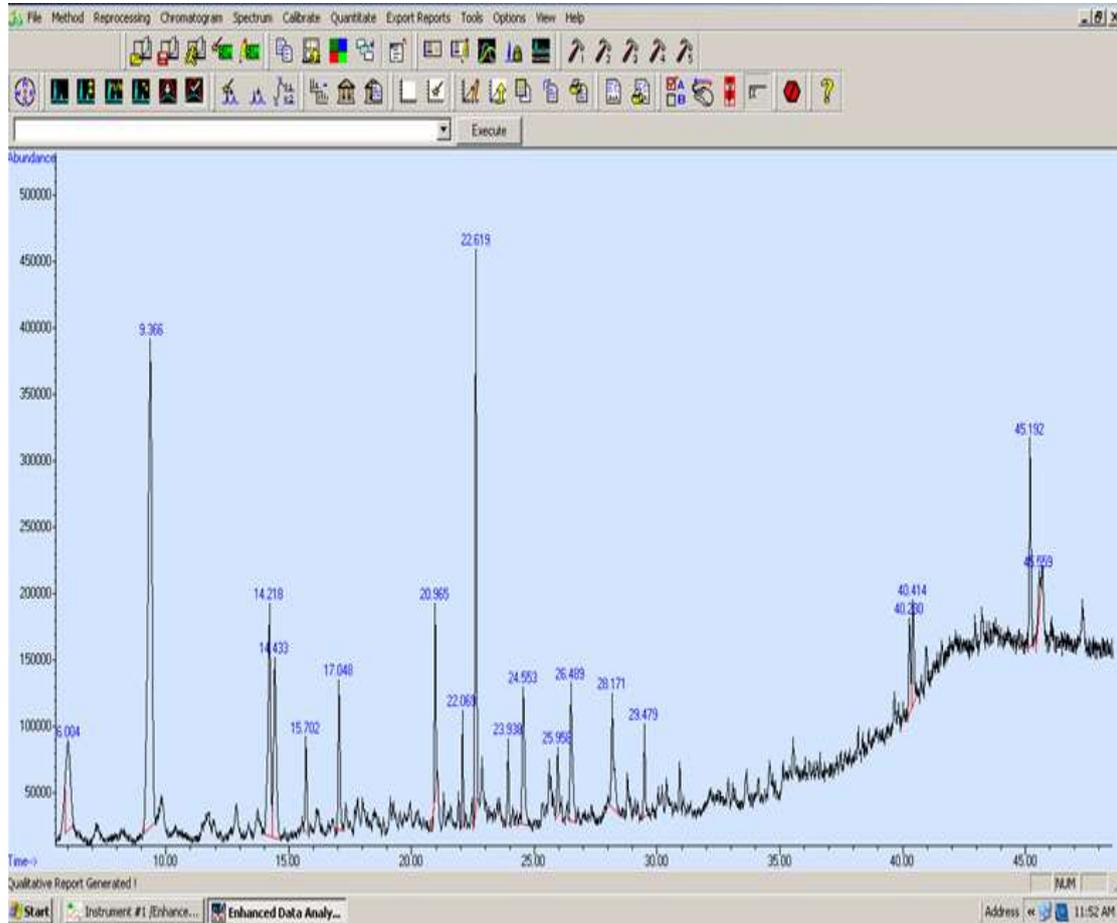
Rf: عامل الاستجابة.

Area: مساحة قمة المركب في العينة.

Vext : حجم الخلاصة (µl).

Vinj : حجم العينة المحقونة ( $\mu\text{l}$ ).

V : حجم العينة المائية المستخلصة ( $\mu\text{l}$ ).



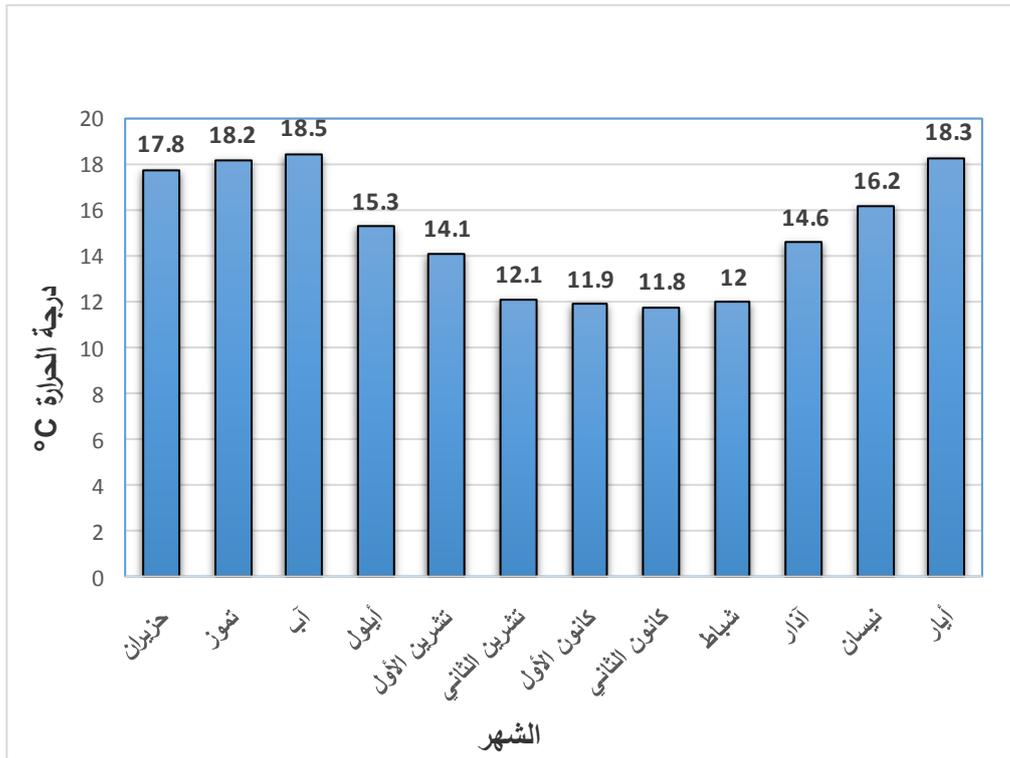
الشكل (2): كروماتوغرام لمزيج من مركبات الـ PAHs العيارية الخارجية في محلول intex.

## النتائج والمناقشة:

### 1- الخواص الهيدروكيميائية للمياه:

#### أ - درجة الحرارة المياه:

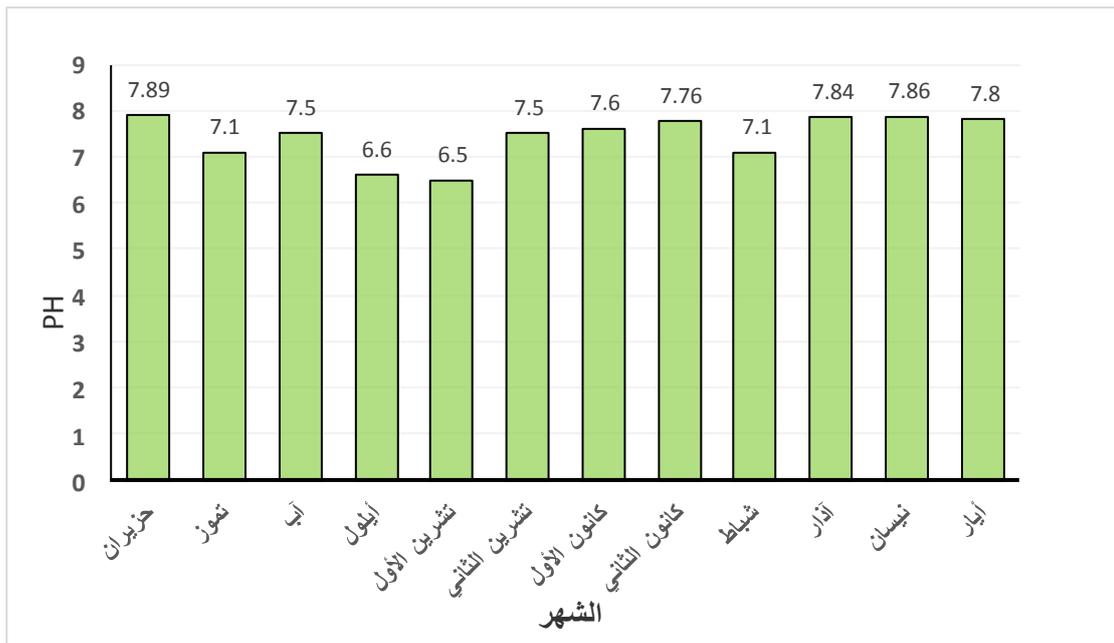
سُجّلت أعلى قيمة لدرجة حرارة المياه المدروسة صيفاً  $18.5^{\circ}\text{C}$  في شهر آب وأدنى قيمة شتاءً  $11.8^{\circ}\text{C}$  في شهر كانون الثاني كما هو مبين في الشكل (3) ومنه نلاحظ أن هناك اختلافاً طفيفاً في درجات الحرارة وتأثيراً ضعيفاً لدرجة الهواء المحيط على درجات حرارة المياه المدروسة خلال الصيف والشتاء، يُعزى ذلك إلى موقع أخذ العينات القريب من موقع النبع الشمالي الشرقي للبحيرة والذي عكس طبيعة الحامل المائي الجوي المغذي للبحيرة والذي يحافظ على درجات حرارة متقاربة خلال فصول السنة بالإضافة إلى حركة المياه المتجددة في هذا الموقع [34].



الشكل (3): تغيرات درجات الحرارة في بحيرة سوريث خلال فترة الدراسة.

#### ب - الرقم الهيدروجيني (pH):

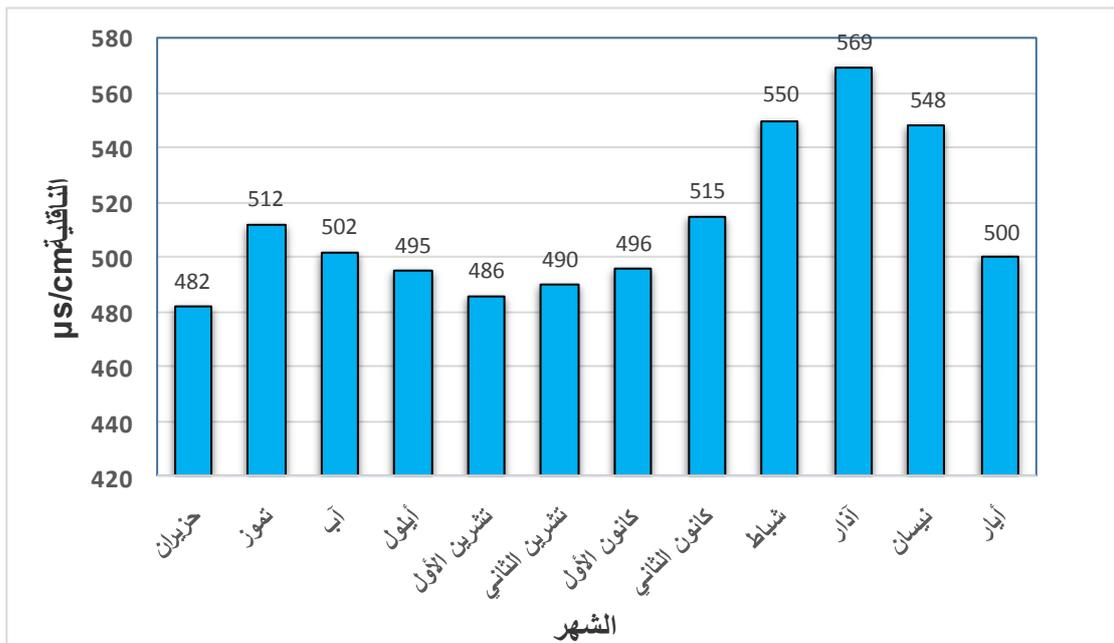
تراوحت قيم الـ pH في المياه المدروسة ما بين 6.5 في شهر تشرين الأول و 7.89 في شهر حزيران كما هو مبين في الشكل (4)، مما يعكس الطبيعة القاعدية الخفيفة لمياه الحوض المغذي والذي يمكن أن يعزى إلى سيادة أيونات الكربونات والبيكربونات، وإلى طبيعة التكتشفات الصخرية التي تجتازها المياه عبر الحوامل المائية الجوفية المغذية للبحيرة، يعود انخفاض قيم الـ pH في الخريف إلى تأثير مياه البحيرة بالنشاط البشري كالتصرف الصحي بالإضافة إلى صرف مخلفات المطاعم السائلة الموجود قريبا مما يعكس الطبيعة الحامضية الخفيفة للمياه في فترة الخريف [35].



الشكل (4): التغيرات الشهرية لقيم الـ pH في بحيرة سوريث خلال فترة الدراسة.

ج - الناقلية الكهربائية (E.C) : تقاس بوحدة مايكروسيمنس/سم ( $\mu S / cm$ )

تستخدم قيمة E.C غالباً كقياس غير مباشر للملوحة والمواد الصلبة الذائبة الكلية (TDS)، لقد تراوحت قيم E.C كما يتضح من الشكل (5) ما بين  $482 \mu S / cm$  في شهر حزيران و  $569 \mu S / cm$  في شهر آذار. يمكن أن يعزى هذا الاختلاف في الناقلية إلى الأمطار التي تعمل على تحفيز عمليات انحلال الصخور الكربوناتية والشوارد والأملاح في منطقة الدراسة مما قد يتسبب في زيادة قيم الناقلية، بينما يشير انخفاض هذه القيم إلى ضعف عمليات الانحلال للصخور الكلسية المنتشرة في المنطقة في فترات الجفاف [36].

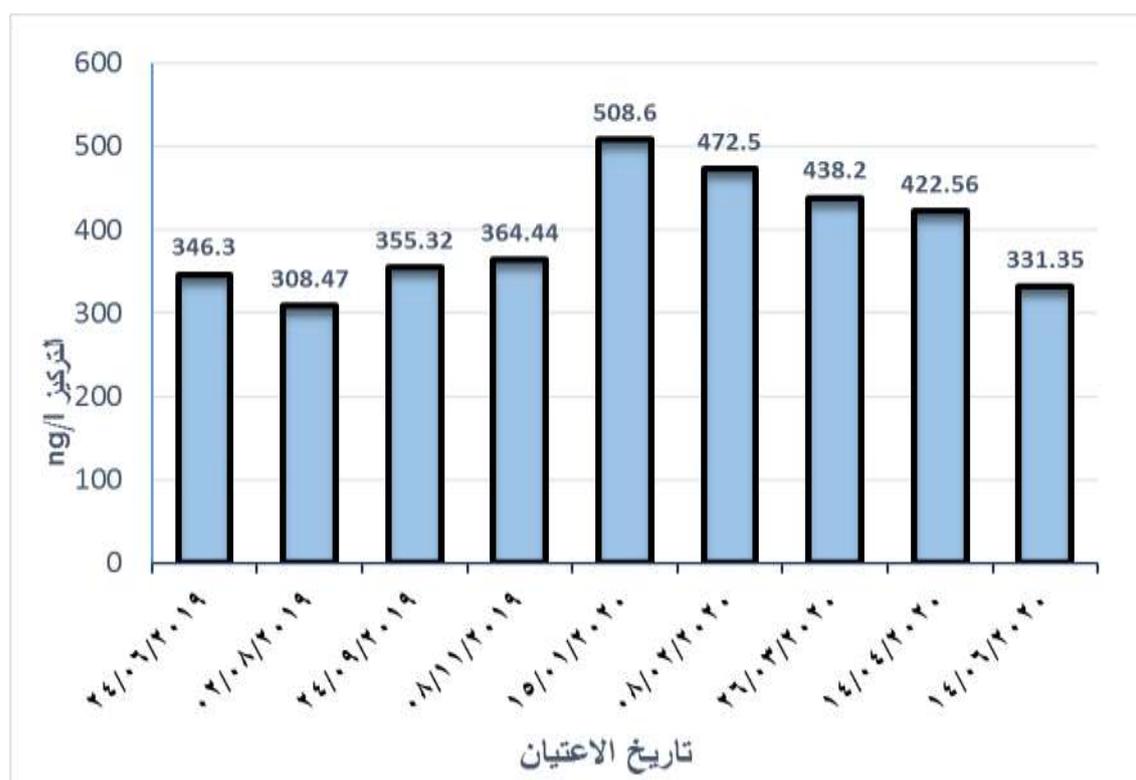


الشكل (5): التغيرات الشهرية للناقلية في بحيرة سوريث.



Fluoranthene	23.5	18.12	18.12	17.3	25.3	27.15	22.5	18.67	28.3
Pyrene	41.3	38.3	43.3	47.1	55.9	60.2	53.4	52.3	46.1
Benzo(a)anthracene	nd	nd	nd	nd	nd	0	nd	nd	nd
Chrysene	48.7	30.12	35.14	40.33	51.7	47.6	48.83	42.56	39.5
Benzo(b)fluoranthene	nd	nd	nd	nd	nd	0	nd	nd	nd
Benzo(k)fluoranthene	nd	nd	nd	nd	nd	0	nd	nd	nd
Benzo(a)Pyrene	26.8	22.3	33.1	20.3	49.2	50.6	31.3	35.3	17.8
Dibenzo(a,h)anthracene	42.2	51.2	58.22	48.22	68.3	53.22	51.7	68.23	42.35
Benzo(g,h,i)perylene	49.5	43.4	50.31	61.2	88.3	75.9	75.1	56.33	52.1
مجموع ΣPAHS	346.3	308.47	355.32	364.44	508.6	472.5	438.2	422.56	331.35
التركيز الوسطي لمجموع ΣPAHS	328.7		359.88		490.55		430.38		

nd: دون عتبة الكشف.

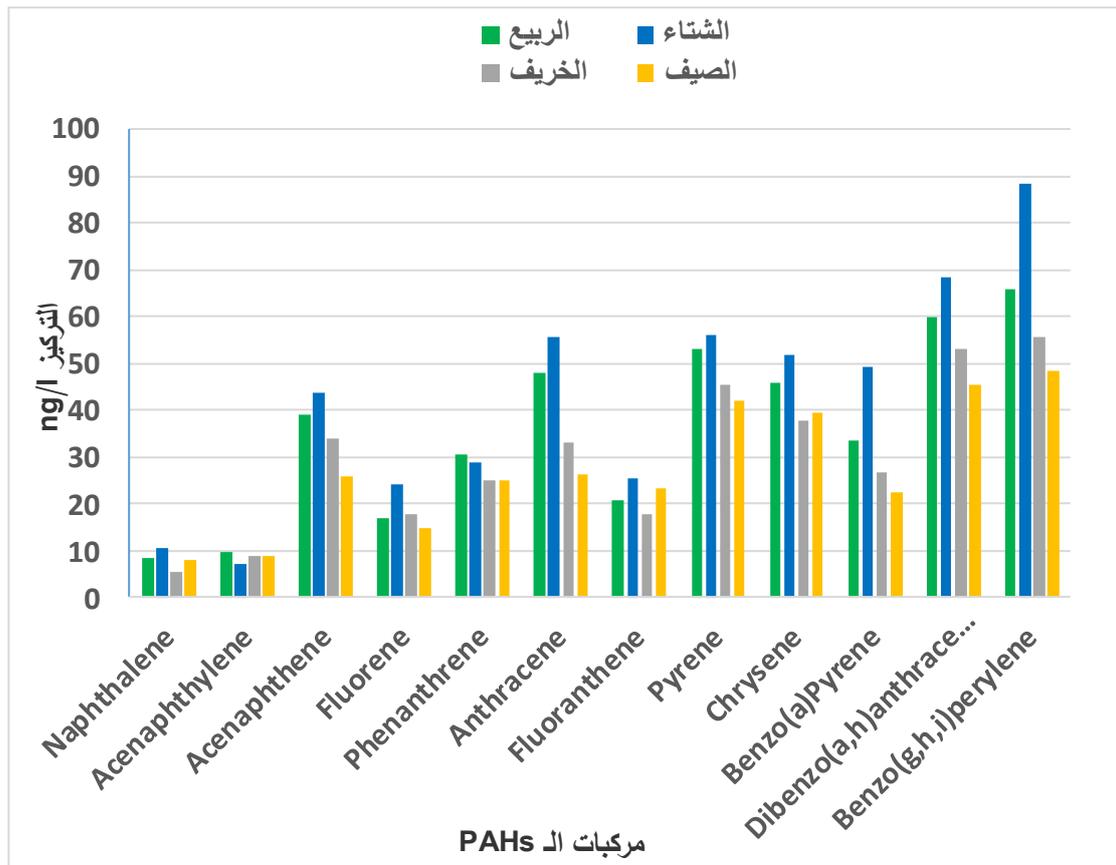


الشكل (7): التراكيز الإجمالية للفحوم الهيدروجينية العطرية PAHs خلال فترة الدراسة.



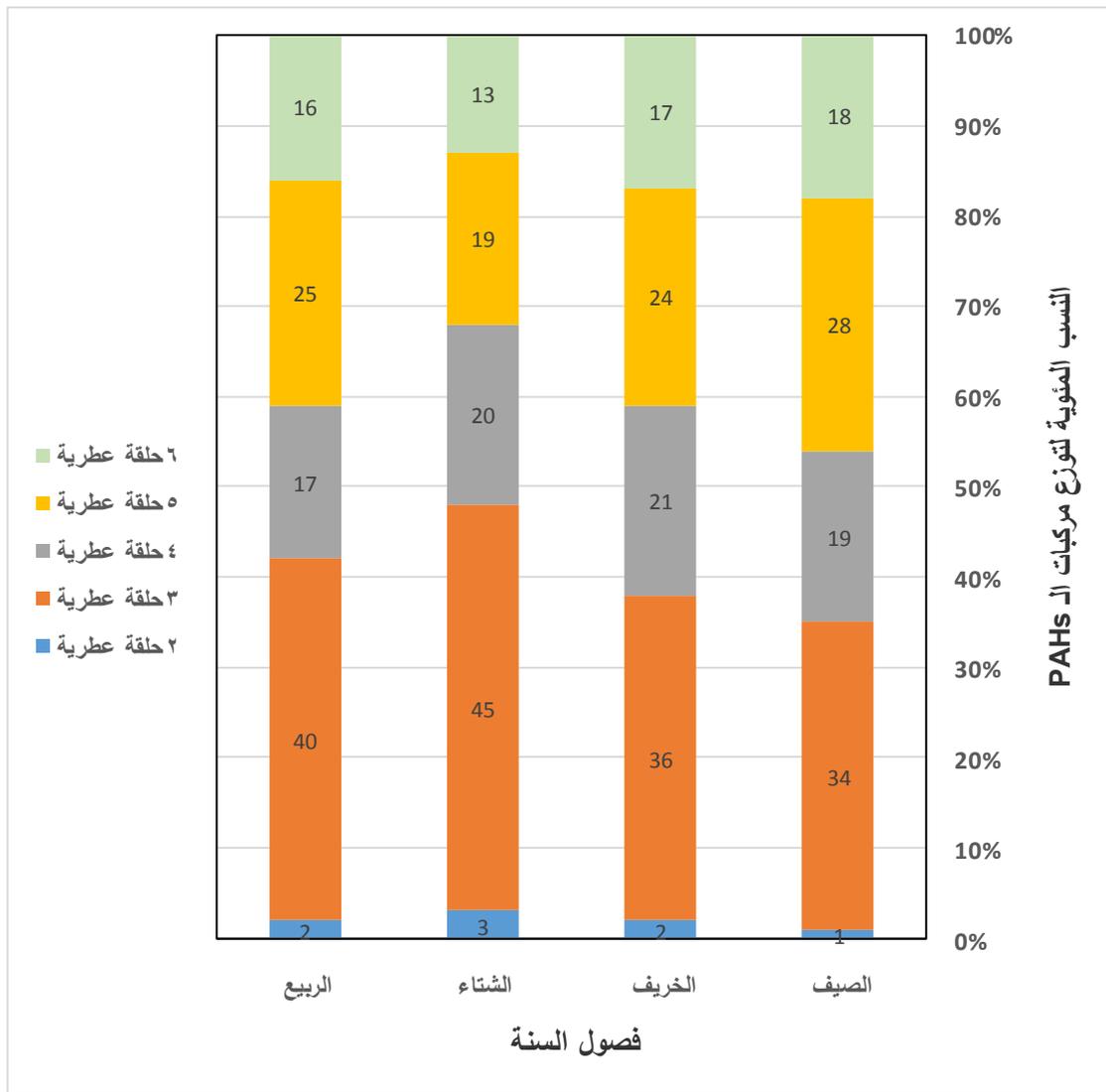
الشكل (8): التراكيز الإجمالية الوسطية للفحوم الهيدروجينية العطرية PAHs خلال فصول الدراسة.

بينت نتائج القياس ارتفاع تراكيز المركبات: Phenanthrene و Acenaphthene و Naphthalene و Anthracene و Pyrene و Chrysene و Dibenzo(a,h)anthracene و Benzo(g,h,i)perylene و شتاء، بينما سجل مركب Acenaphthylene أقل التراكيز في هذا الفصل وبلغ تركيزه الوسطي  $7.2 \text{ ng/l}$ . أما في فصل الربيع فقد سجل مركب Benzo(g,h,i)perylene أعلى التراكيز وبلغ تركيزه الوسطي  $65.1 \text{ ng/l}$  تلاه مركب Dibenzo(a,h)anthracene وبلغ تركيزه الوسطي  $59 \text{ ng/l}$ ، كما رصدت أخفض التراكيز للمركبين Acenaphthylene و Naphthalene وبلغ تركيزهما الوسطي  $8.3 \text{ ng/l}$  و  $9.7 \text{ ng/l}$  على التوالي. وفي فصل الخريف كان التركيز الأعظمي لمركب Benzo(g,h,i)perylene تبعه مركب Dibenzo(a,h)anthracene وبلغ تركيزهما الوسطي  $55.5 \text{ ng/l}$  و  $52.9 \text{ ng/l}$  على التوالي، بينما سجل مركب Naphthalene أقل التراكيز وبلغ تركيزه الوسطي  $5.2 \text{ ng/l}$ . أما في فصل الصيف فقد سجلت معظم المركبات تراكيز أخفض من مثيلاتها في بقية الفصول، فقد سجل مركب Benzo(g,h,i)perylene أعلى التراكيز وبلغ تركيزه الوسطي  $55.3 \text{ ng/l}$ ، بينما كان مركب Naphthalene أقل التراكيز وبلغ تركيزه الوسطي  $5 \text{ ng/l}$  كما هو مبين في الشكل (9).



الشكل (9): التراكيز الوسطية لمركبات الفحوم الهيدروجينية العطرية PAHs خلال فصول الدراسة في مياه بحيرة سوريث.

عند دراسة تراكيز مركبات PAHs في المياه المدروسة وفقاً لعدد حلقاتها العطرية وجدنا أن مركبات PAHs ذات الوزن الجزيئي المنخفض (3 حلقات) كانت الأكثر سيطرة في المياه المدروسة من مركبات الـ PAHs ذات الأوزان الجزيئية العالية (4-5-6 حلقات)، ويفسر ذلك إلى انحلاليتها العالية في المياه بالمقارنة مع المركبات ذات الأوزان الجزيئية العالية [18]، وكانت هذه النسبة أكبر في فصل الشتاء مقارنة مع بقية الفصول كما يبين الشكل (10)، وذلك بسبب انخفاض درجات الحرارة والتي تؤدي إلى انخفاض نسبة تطايرها وتحللها الحيوي [23,24].



الشكل (10): النسب المئوية لتوزيع مركبات PAHS في فصول السنة تبعاً لعدد حلقاتها العطرية في مياه بحيرة سوريث.

تعتمد العديد من الدراسات التي تهدف إلى رصد تركيز مركبات الـ PAHS في البيئة المائية على المجموع الكلي لتراكيز هذه المركبات، الأمر الذي يسهل عمليات المقارنة وتفسير النتائج وفقاً للتراكيز الإجمالية لمركبات الـ PAHS في العينات المدروسة [37,38]. تراوحت التراكيز الإجمالية للفحوم الهيدروجينية العطرية في الموقع المدروس في بحيرة سوريث ما بين (308.47 – 508.6 ng/l)، حيث سجلت أعلاها في فصل الشتاء وأدناها في فصل الصيف، ويُعزى ذلك إلى الهطولات المطرية التي حدثت في هذا الفصل وانتقالها إلى المياه عبر الينابيع المغذية للبحيرة بما تحمله من ملوثات، حيث تجرف مياه الأمطار الملوثات من الأراضي الزراعية والغلاف الجوي والغابات ومكببات القمامة وشبكات الصرف الصحي والصناعي المنتشرة في الحوض المغذي للبحيرة. وتتغلغل هذه الملوثات في جوف الأرض لتصل إلى البحيرة عبر الحوامل المائية والينابيع المغذية لها، كما تصل الزيوت ومخلفات المصانع وعوادم السيارات والقطارات حيث البحيرة مجاورة للطريق الدولي (اللاذقية – دمشق) بالإضافة لمرور سكة القطار [28,29,30]

يعزى انخفاض تركيز مركبات الـ PAHs في فصل الصيف إلى ازدياد معدلات التفكك الحيوي والأكسدة الضوئية لهذه المركبات نتيجة ارتفاع درجة الحرارة وازدياد التبخر ونسبة التطاير للمركبات ذات الأوزان الجزيئية المنخفضة [18]. تتوافق نتيجة دراستنا مع بعض الدراسات التي جرت على مياه مصب نهر حصين البحر ومصب نهر الغمقة في طرطوس [39]، ودراسة نهر دجلة في العراق [40]، حيث كانت المركبات العطرية ذات الأوزان الجزيئية المنخفضة هي الأكثر سيطرة من المركبات ذات الأوزان الجزيئية العالية. بمقارنة هذه النتائج مع تراكيز المركبات الهيدروكربونية العطرية في مياه مناطق أخرى في العالم نجد بأن هناك تقارب في التراكيز المسجلة في هذه الدراسة مع التراكيز المسجلة في المياه السطحية لنهر Diyala في العراق، بينما نلاحظ انخفاضاً كبيراً في التراكيز عن القيم المسجلة في بحيرة Lagos في نيجيريا ونهر Cauca في كولومبيا، في حين كانت التراكيز أكبر من القيم المسجلة في مياه مصبات نهر حصين البحر ونهر الغمقة في سوريا ومياه الشرب في مدن الصين ومياه نهر دجلة في العراق ونهر Yinma في الصين كما مبين في الجدول (2).

الجدول (2): تراكيز مركبات الـ PAHs في المياه العذبة في مناطق من العالم.

المرجع	التركيز الوسطي لمركبات الـ PAHs	الموقع	المنطقة
[39]	( nd-92.1 ng/l)	مصب نهر حصين البحر	سوريا
[39]	( nd-121 ng/l)	مصب نهر الغمقة	سوريا
[40]	(41.38 – 159.41 ng/l)	مياه نهر دجلة	العراق
[41]	(10.79 – 660.97 ng/L)	نهر Diyala	العراق
[42]	(69.81-37.93 ng/L)	مياه الشرب في المدن	الصين
[43]	67.2 ng/l	نهر Yinma	الصين
[44]	4476.5 ng/l	نهر Cauca	كولومبيا
[45]	(195000 – 1006000 ng/l)	بحيرة Lagos	نيجيريا

## الاستنتاجات والتوصيات:

### الاستنتاجات:

- 1 - لوحظ تواجد واضح للمركبات الهيدروكربونية العطرية متعددة الحلقات الـ PAHs في مياه بحيرة سوريا، وقد كانت تراكيزها الكلية في عينات المياه المدروسة أكبر من القيمة المسموحة لمجموع مركبات الـ (PAHs) المساوية (100 ng/l) حسب المواصفة القياسية السورية لمياه الشرب [46].
- 2 - سجلت أعلى قيمة لمجموع تراكيز مركبات الـ PAHs للعينات المائية المدروسة في فصل الشتاء بالمقارنة مع بقية الفصول وأدناها في فصل الصيف.
- 3 - لوحظ انخفاض التراكيز الكلية لمركبات الـ PAHs في العينات المائية المدروسة خلال فصل الصيف نتيجة ازدياد عمليات التحلل الحيوي والأكسدة الضوئية لهذه المركبات بسبب ارتفاع درجة الحرارة وتزايد النشاطات الجرثومية.

4 - سيطرت بشكل عام مركبات الـ PAHS ذات الأوزان الجزيئية المنخفضة (3حلقات) في العينات المائية خلال فصول الدراسة.

#### التوصيات:

1 - اقتراح وحدة معالجة فعالة تضمن الإزالة الكاملة لمركبات الـ PAHS من مصادر المياه وبخاصة المستخدمة لأغراض الشرب.

2 - الحد من وصول مركبات الـ PAHS إلى البيئة المائية من خلال تطبيق القوانين المتعلقة في مجال البيئة.

3- تطبيق مثل هذه الدراسات بشكل دوري على مياه البحيرات والينابيع المستخدمة لأغراض الشرب لتقييم درجة تلوثها.

4- ضرورة معالجة مياه الصرف الصحي والصناعي بطريقة فعالة للتقليل من آثارها السلبية على البيئة المائية.

5 - منع المكبات العشوائية ونقلها بشكل آمن إلى المطامر الصحية.

6- تطبيق إدارة بيئية شاملة وفق برامج بيئية صارمة للمراقبة نظرا لأهمية البحيرة وكونها تشكل النصف الثاني لبحيرة السن الرافد الأساس لمياه الشرب في اللاذقية.

#### References:

1. EL-SHAHAWI, M., HAMZA, A., BASHAMMAKH, A., AL-SAGGAF, W. - *An overview on the accumulation, distribution, transformations, toxicity and analytical methods for the monitoring of persistent organic pollutants*, Talanta, 80(5), 2010, 1587-1597.
2. LIU, J., LEWIS, G. - *Environmental toxicity and poor cognitive outcomes in children and adults*, J Environ Health 76(6): 2014,130–138.
3. LI, Z., JENNINGS, A. - *Global variations in pesticide regulations and health risk assessment of maximum concentration levels in drinking water*, Journal of Environmental Management 212 USA, 2018, 384-394.
4. KEE, Y. L., MUKHERJEE, S., PARIATAMBY, A. - *Effective remediation of phenol,2,4-bis(1,1-dimethylethyl) and bis(2-ethylhexyl) phthalate in farm effluent using Guar gum – A plant based biopolymer*. Chemosphere, 136, 2015, 111-117.
5. AGAMUTHU, P., NARAYANAN, K. - *Persistent organic pollutants in solid waste management*, Waste Management & Research, 31(10), 2013, 967- 968.
6. THUY, T., T. - *Effects of ddt on environment and human health*, J Educ Soc Sci 2, 2015,108–114.
7. NET, S., DUMOULIN, D., EL-OSMANI, R., RABODONIRINA, S., OUDDANE, B. -*Case study of PAHs, Me-PAHs, PCBs, phthalates and pesticides contamination in the Somme river water, France*. Int. J. Environ. Res. 8, 2014, 1159–1170.
8. TANG, H. P. O. *Recent development in analysis of persistent organic pollutants under the Stockholm Convention*, TrAC Trends in Analytical Chemistry, 45, 2013, 48-66.
9. XU, W., WANG, X., CAI, Z. - *Analytical chemistry of the persistent organic pollutants identified in the Stockholm Convention: A review*. Analytica Chimica Acta, 790(0), 2013, 1-13.
10. AKINYEYE, R. O., ADEBAWORE, A. A., AWOKUNMI, E. E., OLANIPEKUN, E. O., - *Evaluation of polycyclic aromatic hydrocarbons in water from hand dug wells at Ile-Oluji, Nigeria*. IOSR Journal of Environmental Science, Toxicology and Food Technology (IOSR-JESTFT), 2016, Vol. 10., PP 112-119.
11. HARVEY, A. N., SNAPE, I., SICILIANO, S. D. – *Validating potential toxicity assays to assess petroleum hydrocarbon toxicity in polar soil*. Environmental Toxicology Chemistry, 31, 2012, 402-407.

12. LI, G., SHIMIN Wu, S., LIN WANG, L., CASIMIR, C., AKOH, C., C. - *Concentration, dietary exposure and health risk estimation of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in youtiao, a Chinese traditional fried food*, Food Control 59, 2016, 328- 336.
13. CHEN, M., XU, P., ZENG, G., YANG, C., HUANG, D., ZHANG, J. - *Bioremediation of soils contaminated with polycyclic aromatic hydrocarbons, petroleum, pesticides, chlorophenols and heavymetals by composting: Applications, microbes and future research needs*. Biotechnology Advances 33, 2015, 745–755.
14. CAIYUN SUN, C., ZHANG, J., MA. Q., YANAN CHEN, Y., JU, H. - *Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in water and sediment from a river basin: sediment–water partitioning, source identification and environmental health risk assessment*. Environ Geochem Health ,39, 2017, 63–74.
15. USEPA, " United State Environmental Protection Agency", polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) Fact Sheet Office of Solid Waste. Wshington. DC, 2008, PP: 20-60.
16. HANSKI, I., VON HERTZEN, L., FYHRQUIST, N., KOSKINEN, K., TORPPA, K., LAATIKAIANEN, T., KARISOLA, P., AUVINEN, P., PAULIN, L., MAKELA, M. J., VARTIAINEN, E., KOSUNEN, T. U., ALENIUS, H., HAAHTELA, T. – *Environmental biodiver sity, human microbica, and all ergyare inter related*. Proc. Natl. Acad. Sci, 2012, vol. 109, PP: 8334-8339.
17. ABDEL-SHAFY, H., MANSOUR, M. - *A review on polycyclic aromatic hydrocarbons: source, environmental impact, effect on human health and remediation*. Egypt J Petrol 25(1),2016,107–123.
18. ADELEYE, A. O., JIN, H., DI, Y., LI, D., CHEN, J., YE, Y. - *Distribution and ecological risk of organic pollutants in the sediments and seafood of Yangtze estuary and Hangzhou Bay, East China Sea*, Science of the Total Environment, 541, 2016, 1540–1548.
19. AKHBARIZADEH, R., MOORE, F., KESHAVARZI, B., MOEINPOUR, A. - *Aliphatic and polycyclic aromatic hydrocarbons risk assessment in coastal water and sediments of Khark Island, SW Iran*. Marine Pollution Bulletin, 108(1), 2016, 33–45.
20. HAN, B., LIN, F., DING, Y., ZHENG, L., - *Distribution characteristics, sources, and ecological risk assessment of polycyclic aromatic hydrocarbons in sediments from Haizhou Bay, China*. Human and Ecological Risk Assessment. Int. J. 24, 2018, 847–858.
21. TONGO, I., EZEMONYE, L., AKPEH, K. - *Levels, distribution and characterization of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs) in Ovia river, Southern Nigeria*, Journal of Environmental Chemical Engineering, 2017, Vol. 5, 504-512.
22. PULKRABOVA, J., STUPAK, M., SVARCOVA, A., ROSSNER, P., ROSSNEROVA, A., AMBROZ, A., SRAM, R., HAJLSLOVA, J., - *Relationship between atmospheric pollution in the residential area and concentrations of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in human breast milk*, Science of the Total Environment 562, 2016, 640–647.
23. JIA, J., BI, C., ZHANG, J., JIN, X., CHEN, Z., -*Characterization of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in vegetables near industrial areas of Shanghai, China: Sources, exposure, and cancer risk, China*, Environmental Pollution 241, 2018, 750-758.
24. AN, N., LIU, S., YIN, Y., CHENG, F., DONG, S., WU, X. - *Spatial distribution and sources of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in the reservoir sediments after impoundment of Manwan dam in the middle of Lancang River, China*. Ecotoxicology, 25(6), 2016, 1072–1081.

25. CAYLAK, E., *Health Risk Assessment for Trace Metals, Polycyclic Aromatic Hydrocarbons and Trihalomethanes in Drinking Water of Cankiri, Turkey*, E-Journal of Chemistry, 2012, 9 (4), 1976-1991.
26. AZKI, FAWAZ, ALABDALLA, ABDULKARIM, *New Hydrogeological data of Al-Sin aquifer with the help of geoelectrical prospecting*, Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Basic Sciences Series Vol. (35) No. (3), 2013, 97-100. (in Arabic)
27. AMMAR, GHATFAN -*Study of the Flood in Al-sen River*, Tishreen University Journal for Studies and Scientific Research- Engineering Sciences Series Vol (28) No (2), 2006. (in Arabic)
28. CHEIKHO, TAHER, HAJ ISSA, MAHMOUD, DAYOUB, HADI, - *Study of Some Physical and Chemical Properties of Al-Sen River Waters in Syrian Coastal Basin*, Syrian Journal of Agricultural Research – SJAR 6(3), 2019, 333-350. (in Arabic)
29. *Water Balance Project in the Coastal Basin*, Directorate of Water Resources, Lattakia, 2005. (in Arabic)
30. *Report of the Directorate of Water Resources in Lattakia - The relationship between the two springs of al-Sen and Sureat*, 2016. (in Arabic).
31. *Report of a hydrogeological sensory study to protect Al-Sen spring from pollution*, The General Authority for Remote Sensing, Damascus 2008. (in Arabic).
32. UNEP, "UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME". *Determination of petroleum hydrocarbons in sediments*. Reference Methods for Marine Pollution Studies, No. 20,1992,78.
33. ARIAS, A. H., VAZQUEZ-BOTELLO, A., TOMBESI, N., PONCE-VÉLEZ, G., FREIJE, H., MARCOVECCHIO, J. - *Presence, distribution, and origins of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in sediments from Bahía Blanca estuary, Argentina*. Environmental Monitoring and Assessment, 160(1–4), 2010, 301–314.
34. KBEBO, ISSA, SAQR, IBRAHIM, AJEED, SHAFEKA, - *Chemical Quality Monitoring of the Waters of Al Kabeer Al Shamali River and Bello Arn Dam*. Damascus University Journal for agricultural sciences, 2002, 18 (1), 83-115.
35. HANSEN, P. J., - *Effect of high pH on the growth and survival of marine phytoplankton: implications for species succession*, Denmark, AQUATIC MICROBIAL ECOLOGY Aquat Microb Ecol, 2002, Vol. 28: 279–288.
36. SHRESTHA, A. K., BASNET, N., - *The Correlation and Regression Analysis of Physicochemical Parameters of River Water for the Evaluation of Percentage Contribution to Electrical Conductivity*, Hindawi, Journal of Chemistry, 2018, Volume Article ID 8369613, 9 pages.
37. ASHAYERI, N. Y., KESHAVARZI, B., Moore, F., KERSTEN, M., YAZDI, M., LAHIJANZADEH, A. R. - *Presence of polycyclic aromatic hydrocarbons in sediments and surface water from Shadegan wetland–Iran: a focus on source apportionment, human and ecological risk assessment and sediment-water exchange*. Ecotoxicology and Environmental Safety, 148, 2018, 1054–1066.
38. BIXIONG, Y., ZHIHUAN, Z., TING, M. - *Pollution sources identification of polycyclic aromatic hydrocarbons of soils in Tianjin area, China*. Chemosphere, 64(4), 2006, 525–534.
39. NASSER, MOHAMMAD, HWEJEH, IMAD, *Distribution Study of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs) in Water and Surface Sediments of Tartous City Coast*

*Using Extraction and GC Technique*, Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Basic Sciences Series Vol. (31) No. (1), 2009, 110- 126. (in Arabic)

40. HAMEED, M. S., AL-ZUBAIDI, F. S., ABDUL WAHAB, A. S., *Determination of Some Aromatic Hydrocarbon in Water of Tigris River near Al-Dora refinery*, Iraqi Journal of Science, 2014, Vol 55, No.4A, pp: 1528-1534.

41. JASIM, H. H., SULTAN, M. S., *Determination of Priority Poly Aromatic Hydrocarbons Using Solid Phase Extraction and HPLC in Diyala River*, Baghdad-Iraq. Journal of Al-Nahrain University Vol.17 (3), September, 2014, pp.44-52.

42. ZHANG, Y., ZHANG, L., HUANG, Z., LI, Y., LI, J., WU, N., HE, J., ZHANG, Z., LIU, Y., NIUB, Z., 2019- *Pollution of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in drinking water of China: Composition, distribution and influencing factors*, Ecotoxicology and Environmental Safety 177, 108-116.

43. SUN, C., ZHANG, J., MA. Q., YANAN CHEN, Y., JU, H., - *Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in water and sediment from a river basin: sediment–water partitioning, source identification and environmental health risk assessment*. Environ Geochem Health, Vol. 39, 2017, 63–74.

44. VILLA, R., S., DUQUE, W., O. MARTHA PÁEZ, M., MARTA SCHUHMACHER, M. - *Presence of PAHs in water and sediments of the Colombian Cauca River during heavy rain episodes, and implications for risk assessment*, Science of the Total Environment 540, 2016, 455–465.

45. SOGBANMU, T. O., OSIBONA, A. O., OTITOLAJU A. A., -*Specific polycyclic aromatic hydrocarbons identified as ecological risk factors in the Lagos lagoon, Nigeria*, Environmental Pollution, 2019, 255. 113295.

46. The Syrian Arab Standards and Metrology Organization for Drinking Water No 45, 2017.