

مصادر وتوزع الفحوم الهيدروجينية العطرية المتعددة الحلقات (PAHs) في المنطقة المقابلة لكورنيش مدينة طرطوس - سورية

الدكتور حازم كراوي*
الدكتور حسام الدين لايقه**
أكنم شعبان***

(تاريخ الإيداع 8 / 5 / 2013. قُبل للنشر في 24 / 7 / 2013)

□ ملخص □

تناول هذا البحث دراسة توزع ومصادر الفحوم الهيدروجينية العطرية متعددة الحلقات (PAHs) في عينات مائية ورسوبية جمعت فصلياً من عشرة مواقع مختلفة من شاطئ مدينة طرطوس خلال العام 2010. تأثر تركيز مركبات الـ PAHs في العينات المائية للمواقع المدروسة بالتغيرات الفصلية وبمصادر التلوث الناجمة عن محطات الصرف الصحي. تراوحت التراكيز الإجمالية بين $(6.97 - 147.14)$ ng/l مع سيطرة مركبات PAHs ذات الأصل البترولي و الحاوية على ثلاث حلقات و في معظم المحطات المدروسة. تميزت العينات الرسوبية بتراكيز منخفضة لمركبات الـ PAHs مقارنة مع العينات المائية نتيجة عدم حدوث عمليات ترسيب فعالة. تراوحت التراكيز الإجمالية لمركبات PAHs بين $(1.76 - 55.28)$ ng/g dw مع سيطرة لمركبات الـ PAHs ذات الأصل البترولي و الحاوية على ثلاث حلقات في الربيع والخريف، بالمقابل سادت مركبات PAHs ذات الأصل الحراري و الحاوية على أربع حلقات في عينات الخريف.

الكلمات المفتاحية: الفحوم الهيدروجينية متعددة الحلقات، مياه شاطئية، رسوبيات سطحية، المصادر حرارية و البترولية لمركبات PAHs.

* مدرس - قسم الكيمياء البحرية - المعهد العالي للبحوث البحرية - جامعة تشرين اللاذقية - سورية.
** مدرس - قسم الكيمياء البحرية - المعهد العالي للبحوث البحرية - جامعة تشرين اللاذقية - سورية.
*** طالب دراسات عليا (ماجستير) - قسم الكيمياء البحرية - المعهد العالي للبحوث البحرية - جامعة تشرين اللاذقية - سورية.

Sources of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs) in Marine water and sediments of Tartous City-Syria

Dr. Hazem Krawi*
Dr. Hussam Eddin Laika**
Aktham Shaaban***

(Received 8 / 5 / 2013. Accepted 24 / 7 / 2013)

□ ABSTRACT □

The distribution and sources of 14 compounds of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs) in marine water and sediment samples were studied. These samples were collected seasonally from 10 different locations of Tartous city (Syria) during the period Apr. – Nov. 2010.

The concentrations of PAHs in the water samples of the study areas were affected by location and sources of pollution resulted from the domestic waste-water discharge. The total concentration of PAHs ranged from 6.97 to 147.1 ng/l and the petrogenic PAHs compounds containing 3 rings dominated the most sites.

The sediment samples were characterized by the low concentrations of PAHs compared to the respective concentrations in the water samples due to the absence of effective depositional processes. The total concentration of PAHs ranged from 1.76 to 55.28 ng/g dw. The petrogenic PAHs compounds containing 3 rings were dominant in the spring and summer, while the pyrogenic PAHs compounds containing 4 rings were dominant in the autumn.

Key words: Polycyclic aromatic hydrocarbons, Marine water, Surface sediments, Petrogenic and pyrogenic source of PAHs.

*Assistant Professor, Marine Chemistry Department, High Institute of Marine Research, Tishreen University, Lattakia, Syria

**Assistant Professor, Marine Chemistry Department, High Institute of Marine Research, Tishreen University, Lattakia, Syria

***Postgraduate Student, Marine Chemistry Department, High Institute of Marine Research, Tishreen University, Lattakia, Syria

مقدمة:

تعد النشاطات المدنية والصناعية والزراعية المسؤولة بصورة رئيسة عن التواجد الواسع للملوثات الكيميائية حول العالم، فعندما تتحرر هذه الملوثات في البيئة تخضع للعديد من العمليات الكيميائية والفيزيائية التي تحدد مصيرها وتوزعها في الأوساط البيئية المختلفة (Bruno and Tamara, 2009). تعد الفحوم الهيدروجينية العطرية متعددة الحلقات PAHs من الملوثات العضوية المقاومة (Persistence Organic Pollutants) POPs في البيئة وذلك وفق اتفاقية استوكهولم لعام 2001 (Liehr, 2005 ; Yan *et al.*, 2009). تتشكل مركبات الـ PAHs ذات الأصل الحراري عبر تفاعلات سريعة وعمليات احتراق غير كاملة للمواد العضوية منتجة مركبات حلقة ذات وزن جزيئي مرتفع (4 - 6 حلقات) (Maioli *et al.*, 2010)، بينما تنتج مركبات PAHs ذات الأصل البترولي من عملية إعادة تنظيم وتحول المادة العضوية الحيوية في شروط مختلفة خلال الأزمنة الجيولوجية والتي تتميز بتراكيز عالية للمركبات ذات الأوزان الجزيئية المنخفضة (Nikolaou *et al.*, 2009). تصل مركبات الـ PAHs إلى البيئة البحرية من مصادر طبيعية كالتسرب الطبيعي للبترول وحرانق الغابات والنشاطات البركانية إضافة إلى عمليات التفكك والاصطناع الحيوي الحاصلة في البيئة البحرية (Bruno and Tamara, 2009 ; Nikolaou *et al.*, 2009).

يرتبط بشكل عام تواجد مركبات الـ PAHs بالنشاطات البشرية الصناعية والخدمية كالصرف الصحي ومخلفات المنشآت الصناعية وعمليات إنتاج النفط وتكريره والحوادث الناتجة عن شحنه وتفريغه (Zaghden *et al.*, 2007 ; Nikolaou *et al.*, 2009 ; Penko, 2010). تتأثر تراكيز مركبات الـ PAHs في العمود المائي بمجموعة من العمليات كالتطير (التبخّر) والأكسدة الضوئية إضافة إلى التفكك الحيوي لهذه المركبات في الشروط الغنية بالأوكسجين (Neff, 1979 ; ATSDR, 1995). تميل مركبات الـ PAHs للإرتباط بالجزيئات المعلقة في العمود المائي بسبب انحلاليتها المنخفضة وألفتها العالية للدهون لتتراكم لاحقاً في الرسوبيات البحرية (ATSDR, 1995)، ويمكن أن يعاد تعليق مركبات الـ PAHs المترakمة في الرسوبيات السطحية في العمود المائي بفعل حركة الأحياء (Bruno and Tamara, 2009) والنشاطات البشرية كعمليات صيد الأسماك أو بفعل التيارات والدوامات لتصبح متوافرة حيوياً وعرضةً للتراكم الحيوي (Penko, 2010).

تتراكم مركبات الـ PAHs في الكائنات الحية كالأسمك وبشكل خاص في أنسجتها الدهنية نتيجة ألفتها العالية للدهون (Vethaak, 2009)، كما يمكنها الانتقال عبر الغذاء لتصل إلى تراكيز مرتفعة في الأحياء التي تقع في قمة السلسلة الغذائية كالنديات البحرية (Law *et al.*, 2010). تعد مركبات PAHs من الملوثات البحرية الخطيرة نظراً لتأثيراتها السمية الضارة فضلاً على أثارها المسرطنة والمسببة للتشوهات الخلقية (Bruno and Tamara, 2009). تأتي أهمية دراسة توزع الفحوم الهيدروجينية العطرية متعددة الحلقات في المياه والرسوبيات الشاطئية لمدينة طرطوس نتيجة لقلّة الدراسات الحاصلة في الحوض الشرقي للبحر المتوسط عموماً (Zaghden *et al.*, 2007) والشاطئ السوري خصوصاً (ناصر وحويجة ، 2009).

أهمية البحث وأهدافه :

انطلاقاً من الآثار السلبية والخطيرة لمركبات PAHs على البيئة البحرية تمت دراسة هذه المركبات لتسليط الضوء على واقع التلوث البيئي بهذه المركبات في الطورالمائي والطبقة الرسوبية لمنطقة كورنيش طرطوس وتحديد مصادر هذه الملوثات وطرائق وصولها إلى البيئة البحرية تمهيداً لتنفيذ خط الفيض البحري لجر مخلفات الصرف الصحي إلى المياه البحرية العميقة. يعد هذا البحث مكملاً للأبحاث التي تدرس واقع التلوث في النظام البيئي البحري على الشاطئ السوري.

يهدف البحث إلى دراسة توزع الفحوم الهيدروجينية العطرية وتحديد مصادرها في المياه و الرسوبيات السطحية لشاطئ مدينة طرطوس ومقارنة تركيز هذه المركبات بين المياه والرسوبيات السطحية وتحديد العوامل المؤثرة على هذه التغيرات, كما يهدف البحث إلى تحديد دور محتوى المادة العضوية في الرسوبيات و دور طبيعة الرسوبيات في تراكم هذه الملوثات في القاع . نفذ البحث في مخابر المعهد العالي للبحوث البحرية - جامعة تشرين.

طرائق البحث ومواده:

شملت هذه الدراسة عشر مواقع مختلفة تغطي كامل المنطقة الشاطئية المقابلة لكورنيش مدينة طرطوس (الجدول 1).

المواقع المقابلة للصرف الصحي ويشمل المحطات ST1 , ST2 , ST3 , ST4 , ST5 , ST6.

المواقع المقابلة لمصب نهر الغمقة وتشتمل على المحطات ST7 , ST8 , ST9.

المحطة المرجعية STR تقع على بعد حوالي 3 km جنوب مدينة طرطوس وهي منطقة بعيدة نسبياً عن

مصادر التلوث (الشكل 1).



الشكل (1) توزع المحطات المدروسة المقابلة لكورنيش ومصب نهر الغمقة إضافة للمحطة المرجعية.

الجدول (1) يمثل احداثيات المحطات المدروسة في هذا البحث.

المحطة	ST ₁	ST ₂	ST ₃	ST ₄	ST ₅	ST ₆	ST ₇	ST ₈	ST ₉
خط الطول N	34°89'00	34°88'82	34°88'64	34°88'41	34°88'34	34°87'85	34°86'93	34°87'37	34°87'83
خط العرض E	35°87'25	35°86'72	35°85'78	35°87'62	35°87'50	35°86'93	35°87'85	35°87'97	35°87'75

يطلب من جميع المواد الكيميائية المستخدمة في هذا البحث والتي تدخل في اتصال مباشر مع العينة أو بخلصتها، أن تكون نقيةً وخاليةً من الشوائب قبل استخدامها ولذلك تم استخدام مذيبات وكواشف مثل ن - هكسان و ثنائي كلورميثان وأسيتون على درجة عالية من النقاوة (SPC, England)، كما تم استخدام كبريتات الصوديوم اللامائية (Qualikems, India) وألومينا (80-200 mesh) وسيليكا جل (230-400 mesh) (Merck). تم تنقيت كبريتات الصوديوم اللامائية بتسخينها عند الدرجة 450°C لمدة ست ساعات، أما المواد المستخدمة في تحضير الأعمدة الكروماتوغرافية (الألومينا والسيليكا جل) فقد تم تنقيتها باستخدام ثنائي كلور الميثان في جهاز السكسولييه ولمدة ست ساعات، ثم جففت في فرن بدرجة حرارة منخفضة ($\geq 50^{\circ}\text{C}$) من أجل طرد المذيب وحفظت في عبوات زجاجية محكمة الإغلاق إلى حين الاستخدام (UNEP, 1992). تنشط المواد الدامصة (ألومينا والسيليكا جل) المنظفة مسبقاً بتسخينها في الدرجة 200°C لمدة 4 ساعات، ثم تخدم جزئياً بإضافة 2% وزناً ماء مقطر إلى الألومينا و 5% وزناً ماء مقطر إلى السيليكا جل ثم تمزج بلطف وتترك حتى تتوازن في أوعية محكمة الإغلاق طوال الليل وبعيداً عن الضوء (UNEP, 1992).

جمعت العينات المائية القاعية من مناطق الدراسة في الفترة الممتدة بين آذار وتشرين الثاني من عام 2010 باستخدام جهاز اعتيان مائي، ثم استخلصت مباشرة بطريقة سائل - سائل باستخدام قمع فصل وبواسطة ن - هكسان بعد أن أضيف المحلول العياري الداخلي [أثينفتين d10 (Acenaphthene) - فينانثرين d10 (Phenanthrene) - كرايزين d12 (Chrysene) - بيريلين d12 (Perylene)]. جففت الخلاصة بإضافة كبريتات الصوديوم اللامائية (IOC, 1984)، أما العينات الرسوبية السطحية فجمعت باستخدام جهاز اعتيان الرسوبيات (Grab) في نفس مكان وزمان جمع العينات المائية، ثم استخلصت في جهاز السكسولييه بثنائي كلور الميثان بعد أن أضيف إليها المحلول العياري الداخلي. تم إزالة الكبريت من الخلاصة الرسوبية بإضافة بضع قطرات من الزئبق ولعدة مرات. ركزت الخلاصتين المائية والرسوبية باستخدام المبخر الدوار عند الدرجة 30°C ثم بتيار لطيف من الأزوت حتى حجم 1 ml (UNEP, 1992).

تمت عملية الفصل وتنقية الخلاصات باستخدام سحاحة سعتها 50 ml وقطرها الداخلي 1cm. تم تعبئتها بالطريقة الرطبة وفق الآتي: وضع في أسفل العمود قطعة من الصوف الزجاجي المنظفة مسبقاً بالمحلات العضوية ثم ملئ العمود بنظامي الهكسان. أضيف 8g من السيليكا جل الممزوجة بالهكسان إلى العمود على دفعات ثم أضيف 8g من الألومينا بنفس الطريقة. وضع على سطح الطبقة العلوية للعمود 1ml من كبريتات الصوديوم اللامائية وذلك لمنع تشوه سطح العمود ثم مرر الفائض من الهكسان. ركزت العينة حتى 1ml ثم مررت ضمن العمود. استخدم 20 ml من ن- هكسان كطور متحرك لتخليص الفحوم الهيدروجينية المشبعة (F1). جمعت القطعة الثانية (F2) باستخدام 20 ml من ن- هكسان: ثنائي كلور الميثان (80 : 20) والتي تضم الفحوم الهيدروجينية العطرية المحتوية على حلقتين وثلاث حلقات عطرية. جمعت القطعة الثالثة (F3) باستخدام 20 ml من ن- هكسان و ثنائي كلور الميثان

(50:50) والتي تحتوي الفحوم الهيدروجينية العطرية الأعلى. تجمع القطفتان (F3+ F2) وتركز حتى 1ml بالمبخار الدوار وباستخدام تيار لطيف من الآزوت (UNEP,1992).

حللت العينات بتقانة الكروماتوغرافيا الغازية باستخدام جهاز الكروماتوغرافيا الغازية الموصولة بكاشف مطيافية الكتلة GC-MS نوع (Shimadzu-Japan) و المزود بعمود شعري (optima®-5-MS) طوله 30 m وقطره الداخلي 0.25 mm وطوره الثابت مكون من ثنائي فينيل 5% - ثنائي متيل 95% متعدد السيلوكسان (95 % dimethylpolysiloxane - 5 % diphenyl)، الغاز الحامل هو الهيليوم بتدفق 2 ml/min، درجة حرارة الحاقن 300 °C. جرت عملية الفصل بنظام برمجة حرارية وفق الآتي:

3,5 min 50 °C $\xrightarrow{12\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{min}}$ 3 min 190 °C $\xrightarrow{5\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{min}}$ 3 min 300 °C

نفذت الدراسة الكمية باستخدام محلول قياسي يحتوي على مزيج من مركبات عطرية معلومة التركيز والهوية حاوية من 3 إلى 6 حلقات عطرية متكافئة.

حدد محتوى المادة العضوية في العينات الرسوبية بوضع العينة الجافة في المرمدة لمدة ست ساعات بالدرجة 550 °C حتى ثبات الوزن ثم وزنت العينة. حسب محتوى المادة العضوية والذي يمثل الفرق بين الوزن المتبقي من العينة ووزنها الأصلي وبالتالي حدد محتوى العينة من المادة العضوية بطريقة الحرق بالترميز (Heiri *et al.*,1999).

النتائج والمناقشة:

توزع مركبات PAHs في العينات المائية:

تراوحت تراكيز PAHs الكلية في المياه البحرية للمحطات المدروسة بين 6.97 - 147.14 ng/l. سجلت أعلى التراكيز في المحطة ST5 في فصل الربيع وأدناها في المحطة المرجعية STR في فصل الخريف. بشكل عام كانت تراكيز PAHs الكلية خلال فصل الربيع أكبر من مثيلاته في فصل الصيف والخريف. يعزى ذلك إلى الهطولات المطرية التي حدثت في هذا الفصل وانتقالها إلى المياه البحرية عبر قنوات الصرف الصحي في منطقة كورنيش طرطوس وعبر نهر الغمقة بما تحمله من ملوثات، إذ تجرف مياه الأمطار الملوثات من الأراضي الزراعية والغابات وتلقي بها في الأنهار ومن ثم تصل إلى مياه البحر، كما تصل الزيوت ومخلفات المصانع ووقود السيارات من الشوارع عبر مجاري تصريف مياه الأمطار لتلقي بها مباشرة في مياه البحر أو عبر مياه الأنهار، حيث تشكل المواد المجروفة من اليابسة مع مياه الأمطار قسماً كبيراً من الملوثات في مياه البحر (ناصر وحويجة; Clark *et al.*,1998). كما يمكن للملوثات الموجودة في الهواء أن تصل إلى مياه البحر مع مياه الأمطار (Clark *et al.*, 1998). يعود انخفاض تركيز مركبات الـ PAHs في فصل الصيف إلى ازدياد معدلات التفكك الحيوي والأكسدة الضوئية لهذه المركبات نتيجة ارتفاع درجة الحرارة (Bomforth and Singleton, 2005).

تتميز المحطتين ST1 و ST4 بقريهما من مصبي الصرف وبالتالي يتأثر تركيز الفحوم الهيدروجينية العطرية فيها بمعدلات تدفق المياه من هذه المصببات، حيث رصدت تراكيز مرتفعة في كلتا المحطتين وبشكل خاص في المحطة ST4 في فصل الربيع (الجدول 2). ينطبق هذا الأمر على المحطتين ST2 و ST5 التي تبعد حوالي 400 - 500 m عن مصبي الصرف الصحي، أما بالنسبة إلى المحطة ST3 التي تقع على امتداد كل من ST1 و ST2 والتي تبعد 1000 m عن خط الشاطئ فقد كان التركيز الإجمالي للفحوم الهيدروجينية العطرية ($\sum\text{PAHs}$)

فيها أقل في فصلي الصيف والخريف (الجدول 3 و 4) بالمقارنة مع المحطتين ST1 و ST2 ويعود ذلك لبعدها عن مصدر التلوث، أما المحطة ST6 التي تقع على امتداد كل من ST4 و ST5 والتي تبعد 1000 m عن خط الشاطئ فقد كانت \sum PAHs فيها أقل بشكل واضح في فصل الربيع من المحطتين ST4 و ST5، بينما لم ترصد فروقاً واضحة بين المحطات الثلاث في الفصلين الباقيين. يدل عدم ظهور فروق واضحة في تركيز \sum PAHs بالابتعاد عن مصدر التلوث من جهة على عملية خلط الفعالة لمياه البحر مع مياه الصرف الصحي كونها منطقة مفتوحة على المياه البحرية وعلى وجود مصادر أخرى للتلوث ناتجة عن محركات زوارق الصيد و مراكب النقل إلى جزيرة إرواد من جهة أخرى، فضلاً على مخلفات السفن التي تقذف مباشرة في الماء مثل مياه الصابورة وزيوت المحركات والمخلفات الصلبة، إذ وجد أن التراكيز العالية لمركبات PAHs تتوافق مع مدى قرب المحطات من المرفأ ومصبات الصرف للمدينة إضافة إلى منطقة رسو البواخر قبل دخولها إلى المرفأ (Zaghden et al, 2007). بالمقابل نجد أن المحطة ST8 التي تقع عند مصب نهر الغمقة والمحطة ST7 التي تقع على يمين مصب النهر تتأثران بمعدلات تدفق نهر الغمقة وكانت تراكيزهما عالية في الربيع ومنخفضة في الصيف والخريف متوافقة مع غزارة تدفق النهر (ناصر وحويجة , 2009) ، في حين لم تتأثر المحطة ST9 بشكل مباشر بتدفق نهر الغمقة لبعدها عنه وكانت تراكيزها متقاربة في كل الفصول. أما المحطة STR ونتيجة بعدها عن مصادر التلوث كانت تراكيزها منخفضة بالمقارنة مع التراكيز المسجلة في المحطات الأخرى.

الجدول (2) تركيز مركبات PAHs (ng/l) لمياه المحطات المدروسة في فصل الربيع

ST9	ST8	ST7	ST6	ST5	ST4	ST3	ST2	ST1		
2.31	0.87	6.76	5.08	2.27	7.13	2.09	12.97	2.81	Acy	أثينفتالين
1.74	2.10	5.09	1.84	2.45	4.61	2.50	2.48	2.69	Ace	أثينفتين
0.43	5.31	11.41	2.60	13.05	15.38	12.94	15.66	1.69	Fl	فلورين
0.65	39.75	10.51	0.90	43.99	35.78	16.82	18.44	4.30	Phen	فينانثرين
0.63	8.05	4.11	0.89	12.99	8.49	5.37	3.60	8.20	Ant	أنترائين
0.40	25.81	25.84	0.33	17.60	2.87	6.62	2.33	10.53	Fluo	فلورانثين
0.31	17.89	25.79	0.12	40.26	4.48	10.10	3.58	2.65	Pyr	بايرين
1.74	1.21	1.16	2.12	1.68	2.10	9.83	2.94	9.50	BaAnt	بنز (a) أنترائين
0.31	0.57	1.52	0.22	0.60	0.12	4.67	1.32	3.46	Chr	كرايزين
2.52	0.19	0.46	0.64	0.03	7.75	0.44	0.57	0.92	BbFluo	بنز (b) فلورانثين
1.76	0.01	0.07	0.49	0.06	1.78	0.13	1.04	0.05	BkFluo	بنز (k) فلورانثين
17.80	0.90	0.63	7.23	0.19	7.15	1.43	3.91	0.62	BaPyr	بنز (a) بايرين
3.92	12.17	9.20	1.75	11.88	22.05	1.60	7.88	19.33	Ind	إندينو بايرين
0.27	0.03	0.07	0.31	0.08	0.95	0.11	0.22	0.07	B Per	بنز بيريلين
34.78	114.88	102.63	24.53	147.14	120.66	74.67	76.95	66.83	\sum PAHs	

الجدول (3) تركيز مركبات PAHs (ng/l) لمياه المحطات المدروسة في فصل الصيف

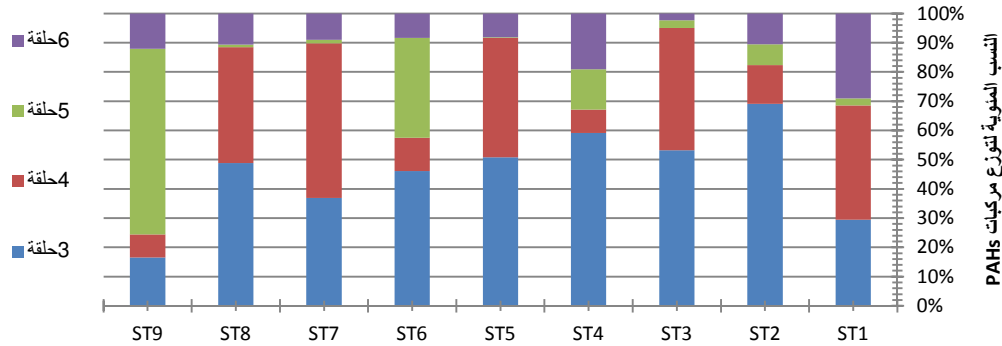
STR	ST9	ST8	ST7	ST6	ST5	ST4	ST3	ST2	ST1	
1.16	1.43	2.05	1.48	2.05	3.62	6.61	1.80	4.06	1.64	Acy
1.18	0.78	5.51	0.78	1.48	2.23	4.06	0.18	2.76	0.92	Ace
2.40	9.01	1.71	5.52	5.54	5.02	0.35	2.93	2.79	5.41	Fl
5.61	5.88	0.57	4.38	4.81	4.28	2.42	4.47	4.81	7.49	Phen
0.53	0.45	1.25	0.30	0.39	0.07	2.34	0.33	0.37	0.86	Ant
0.36	0.43	0.53	0.52	1.65	0.74	1.05	0.06	0.65	0.91	Fluo
0.86	1.06	0.42	1.94	6.36	3.14	0.49	0.21	2.32	2.80	Pyr
0.27	0.40	4.10	0.22	0.85	0.32	7.47	0.32	0.32	1.47	BaAnt
0.04	0.48	1.48	0.29	0.32	0.38	0.75	0.34	0.37	0.37	Chr
0.01	1.29	1.00	0.16	0.07	0.11	0.36	0.20	0.66	0.20	BbFluo
0.00	0.19	0.39	0.01	0.03	0.05	0.39	0.03	0.11	0.09	BkFluo
0.11	2.13	2.11	1.15	0.24	0.31	6.14	1.82	0.89	0.66	BaPyr
4.37	6.86	1.48	4.34	4.15	4.53	0.85	4.22	0.71	6.90	Ind
0.04	0.05	0.27	0.09	0.04	0.03	0.09	0.13	0.03	0.01	B Per
16.93	30.45	22.86	21.18	27.99	24.83	33.36	17.04	20.85	29.73	∑PAHs

الجدول (4) تركيز مركبات PAHs (ng/l) لمياه المحطات المدروسة في فصل الخريف

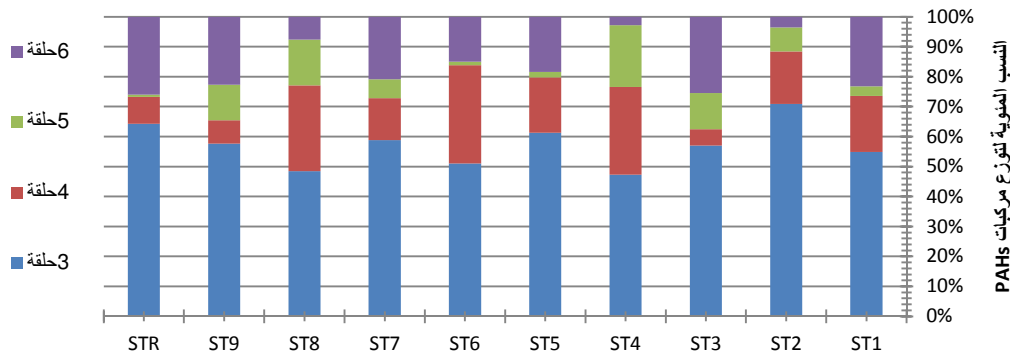
STR	ST9	ST8	ST7	ST6	ST5	ST4	ST3	ST2	ST1	
0.98	2.46	2.90	7.47	1.70	1.30	0.96	0.96	1.13	1.07	Acy
0.51	3.44	1.32	2.79	2.35	1.80	1.44	1.44	1.60	1.46	Ace
1.07	1.68	1.57	1.94	12.16	9.29	8.08	8.08	10.47	8.44	Fl
0.37	1.20	0.66	1.16	4.61	9.44	5.76	5.76	3.36	7.07	Phen
0.37	0.56	0.33	1.35	0.39	0.80	0.40	0.40	0.31	0.72	Ant
0.44	1.09	3.27	0.15	1.99	3.26	0.71	0.71	3.43	0.75	Fluo
0.07	0.39	2.01	0.27	3.30	5.40	1.43	1.43	7.69	1.38	Pyr
1.35	2.70	2.56	2.64	1.30	2.13	0.28	0.28	2.36	0.29	BaAnt
0.41	1.05	2.78	0.45	0.28	0.46	0.02	0.02	3.39	0.01	Chr
0.22	1.41	0.13	1.22	1.32	0.62	0.92	0.92	1.70	1.20	BbFluo
0.11	0.51	0.06	0.46	0.16	0.08	0.36	0.36	0.68	0.39	BkFluo
0.37	6.07	0.68	3.80	5.22	1.32	2.83	2.83	3.21	5.59	BaPyr
0.60	0.40	1.57	0.70	4.65	4.23	9.30	9.30	2.84	7.91	Ind
0.11	0.19	0.14	0.21	0.18	0.17	0.22	0.22	0.16	0.34	B Per
6.97	23.15	19.96	24.64	39.62	40.28	32.71	32.71	42.31	36.62	∑PAHs

تبين عند دراسة توزع تراكيز مركبات PAHs في المحطات المدروسة وفقاً لعدد حلقاتها في فصل الربيع سيطرة كبيرة لمركبات PAHs المحتوية على ثلاث حلقات في معظم المحطات بسبب التراكيز العالية لمركبات الفلورين

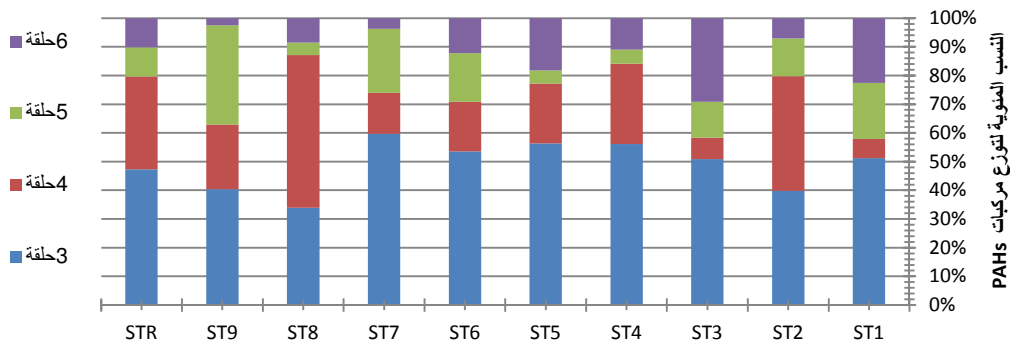
Fluorene والفينانثرين (الشكل 2)، في حين سيطرت مركبات PAHs ذات أربع حلقات في المحطتين ST1 و ST7، أما في المحطة ST9 فقد سيطرت مركبات PAHs المحتوية على 5 حلقات نظراً للتركيز المرتفع لبنز (a) بايرين Benzo (a) Pyrene. رصدت في فصل الصيف سيطرة كبيرة لمركبات PAHs المحتوية على ثلاث حلقات في معظم المحطات بسبب تراكيز الفينانثرين والفلورين المرتفعة (الشكل 3). سيطرت بشكل عام مركبات PAHs المحتوية على ثلاث حلقات في فصل الخريف في معظم مياه المحطات بفضل التراكيز العالية للفلورين والفينانثرين وتميزت المحطة ST8 بسيطرة المركبات المحتوية على أربع حلقات (الشكل 4).



الشكل (2) النسب المئوية لتوزيع مركبات PAHs في فصل الربيع تبعاً لعدد الحلقات في مياه المحطات المدروسة



الشكل (3) النسب المئوية لتوزيع مركبات PAHs في فصل الصيف تبعاً لعدد الحلقات في مياه المحطات المدروسة



الشكل (4) النسب المئوية لتوزيع مركبات PAHs في فصل الخريف تبعاً لعدد الحلقات في مياه المحطات المدروسة

تشير عادةً بنية مركبات PAHs الموجودة في العينات إلى المصدر الذي نتجت منه، حيث يوجد ثلاث مصادر أساسية لمركبات PAHs في البيئة: بترولي وحراري وحيوي (Penko, 2010)، سيتم في هذا البحث تمييز مركبات الـ PAHs الناتجة عن المصدرين الحراري والبترولي.

تستخدم تطبيقات عديدة لتحديد الاحتمالية الأعلى لمصدر مركبات PAHs في المواقع المدروسة (Qiu *et al*, 2009 ; Penko, 2010)، حيث إن أكثر التطبيقات استخداماً هي النسبة بين تركيز المركبات ذات الأوزان الجزيئية المنخفضة (2-3 حلقات) وتركيز المركبات ذات الأوزان الجزيئية العالية (4-5-6 حلقات) (LPAH/HPAH) وكذلك نسبة الفلورانثين Fluoranthene إلى البايرين (Flou/Pyr) Pyrene (Penko, 2010) (الجدول 5).

الجدول (5) النسب المميزة لمصادر مركبات الـ PAHs ذات الأصل الحراري (Pyr) أو البترولي (Pet) في المياه البحرية

النسبة	Pet	Pyr	المرجع
LPAH/HPAH	>1	<1	Soclo <i>et al.</i> , 2000 ; Maioli <i>et al.</i> , 2010
Flou/Pyr	<1	>1	Sicer <i>et al.</i> , 1987 ; Baumard <i>et al.</i> , 1998

يلاحظ من (الجدول 6) أن مصدر مركبات PAHs في المحطات (ST1 و ST2 و ST3 و ST4 و ST5 و ST6) ذو طبيعة بترولية بشكل عام خلال فصول الدراسة نتيجة لتأثير مصارف مياه الأمطار والصرف الصحي التي تحمل هذه الملوثات إلى المنطقة المدروسة، أما المحطات ST7 و ST8 و ST9 فكانت مركبات PAHs في فصل الربيع ذات مصادر حرارية قد تكون ناجمة عن احتراق الأعشاب وحرائق الأشجار الحراجية والزيتون في المناطق الزراعية والجبليّة، إذ تجرف مياه الأمطار نواتج الاحتراق من الهواء والأراضي الزراعية إلى نهر الغمقة نو التدفق العالي في هذا الفصل لتصل إلى مياه البحر وتتأثر بها هذه المحطات بشكل مباشر أو غير مباشر عبر انتقالها بالتيارات البحرية، أما مصدر مركبات الـ PAHs في المنطقة المرجعية STR فكانت ذات طبيعة بترولية صيفاً وطبيعة حرارية في فصل الخريف.

الجدول (6) مصدر مركبات PAHs في كافة المحطات المدروسة خلال فصول الدراسة

المحطات	فصل الربيع		فصل الصيف		فصل الخريف	
	بترولي	حراري	بترولي	حراري	بترولي	حراري
ST1	#		#		#	
ST2	#		#		#	
ST3	#		#		#	
ST4	#			#	#	
ST5	#		#		#	
ST6	#		#		#	
ST7	#		#		#	

#		#		#		ST8
#			#	#		ST9
#			#			STR

تبين بعد مقارنة نتائج هذه الدراسة مع نتائج بعض الدراسات الأخرى (الجدول 7)، تقارب قيمها مع النتائج التي توصل إليها (ناصر وحويجه، 2009) في نفس المنطقة عامي 2001-2002 قبل توسعة كورنيش طرطوس الحالي، في حين كانت تراكيز مركبات الـ PAHs في هذه الدراسة أقل بكثير من تلك العائدة لشاطئ مدينة بانياس وقرب المصفاة (محمد وزملائه، 2003)، أما بالنسبة للدراسات العالمية فقد أظهرت تفاوتاً في تركيز مركبات PAHs في العينات المائية البحرية التي أخذت من مواقع مختلفة من العالم، يعود ذلك إلى اختلاف طبيعة هذه المواقع واختلاف مصادر التلوث التي تتأثر بها، فكانت تراكيز PAHs في هذه الدراسة أكبر بكثير من تلك العائدة لبحر البلطيق (Maldonado *et al.*, 1999) ومقارنة مع التراكيز المرصودة في مياه خليج Deep في الصين (Qiu *et al.*, 2009)، في حين كانت أخفض من تراكيز PAHs في سلوفانيا (خليج تريست) (Penko, 2010) وفي مياه خليج سارونيكوس باليونان (Valavanidis *et al.*, 2008)، وأقل بكثير من التراكيز في مياه خليج دايا في الصين (Zhou and Maskaoui, 2003).

الجدول (7) إجمالي تركيز الفحوم الهيدروجينية العطرية (PAHs) في مياه مواقع مختلفة من العالم

الموقع	التركيز ng/l	المرجع
سورية - البحر المتوسط - شاطئ مدينة طرطوس 2010	6.97 - 147.143	هذه الدراسة
سورية - البحر المتوسط - شاطئ مدينة طرطوس 2001-2002	nd - 139.3	ناصر وحويجه، 2009
سورية - البحر المتوسط - شاطئ مدينة بانياس 2000-2001	1050 - 15410	محمد وزملائه، 2003
سلوفانيا-البحر الأدرياتي- خليج تريست Trieste	78 - 302	Penko, 2010
اليونان - البحر المتوسط- خليج سارونيكوس Saronikos	103 - 459	Valavanidis <i>et al.</i> , 2008
بحر البلطيق	0.3 - 0.59	Maldonado <i>et al.</i> , 1999
الصين - خليج ديب Deep	31.7 - 118.8	Qiu <i>et al.</i> , 2009
الصين - خليج دايا Daya	4228 - 29325	Zhou and Maskaoui, 2003

توزع الفحوم الهيدروجينية العطرية (PAHs) في العينات الرسوبية.

تراوحت التراكيز الكلية لـ PAHs في العينات الرسوبية للمحطات المدروسة خلال فصول الدراسة بين $(1.76 - 55.28)$ ng/g dw وبمعدل وسطي مقداره 15.83 ng/g dw، إذ سجلت أعلى القيم في المحطة ST4 خلال فصل الخريف وأدناها في المحطة STR خلال نفس الفصل. انخفضت تراكيز الـ PAHs في معظم المحطات في فصل الصيف مقارنة مع الربيع والخريف بسبب عمليات الأكسدة الضوئية وارتفاع درجات الحرارة في هذا الفصل

التي تؤدي إلى ازدياد معدلات التفكك الحيوي بواسطة الأحياء الميكروبية كالفطور والبكتيريا والجراثيم (Bomforth and Singleton, 2005).

تميزت العينات الرسوبية (الجدول 8 - 9 - 10) بتركيز منخفضة لمركبات الـ PAHs مقارنة مع المياه التي تعلوها لكونها جزء من منطقة مفتوحة تتعرض فيها للمياه للأمواج والتيارات البحرية ولا تحدث فيها عمليات ترسيب فعالة وهذا يتوافق مع دراسة Dahle *et al.*, (2003) على بحر كارا (Kara) في المحيط المتجمد الشمالي الذي وجد أن المحطات الأكثر انفتاحاً احتوت على تركيز أقل من مركبات الـ PAHs، إذ تراوحت التراكيز فيها بين $174-14$ ng/g dw. يتميز القاع في المنطقة المقابلة لكورنيش طرطوس بطبيعة صخرية صلبة مع وجود بقع رسوبية محدودة باستثناء المحطات القريبة من مصبي الصرف الصحي والتي تميزت بسهولة أخذ العينات الرسوبية. تتأثر هذه الرسوبيات بحركة الأمواج والتيارات البحرية وبالأخص أثناء العواصف البحرية فتكسبها حركة كبيرة وتصبح غير مستقرة. تقاربت تراكيز مركبات الـ PAHs في بعض المحطات ST5 و ST6 و ST7 و STR خلال فترة الدراسة، أو اقتصر على فصلي الصيف والخريف في المحطات ST2 و ST9 والربيع والخريف في المحطة ST3. تباينت التراكيز في المحطات ST1 و ST4 خلال فصول الدراسة نتيجة وقوعها بالقرب من مصبات الصرف الصحي وتأثرها المباشر بكمية المياه المتدفقة منها وبمحتواها من مركبات الـ PAHs. تأثرت المحطة ST8 بشكل مباشر بما يحمله نهر الغمقة من هذه المركبات. سجلت أعلى التراكيز في فصل الخريف في المحطتين ST1 و ST4 نتيجة الهطولات المطرية التي تجرف معها الملوثات لتلقي بها عبر قنوات التصريف في تلك المحطات، بينما سجلت أعلى التراكيز في المحطة ST8 في فصل الربيع متزامناً مع زيادة تدفق نهر الغمقة.

يتناقص التركيز الاجمالي لمركبات PAHs في الرسوبيات كلما ابتعدنا عن الشاطئ في كافة فصول الدراسة كالمحطات ST4 - ST5 - ST6 التي تقع على امتداد واحد، ينطبق ذلك أيضاً على المحطات ST2 - ST3 في فصل الخريف، ويعزى السبب إلى الابتعاد عن مصادر التلوث وانخفاض معدلات الترسيب لمركبات PAHs. تتوافق هذه النتائج مع بعض الدراسات العالمية، إذ لاحظ Zaghdan *et al.*, (2007) أن التراكيز الأقل لمركبات PAHs كان للمحطات الأبعد عن مدينة صفاقس ومينائها، كذلك وجد Dahle *et al.*, (2003) أن التراكيز داخل خليج Yenisey كانت أعلى من خارجه ومن بحر كارا الخارجي.

الجدول (8) تركيز مركبات PAHs (ng/g_{dw}) لرسوبيات المحطات المدروسة في فصل الربيع

ST9	ST8	ST7	ST6	ST5	ST4	ST3	ST2	ST1		
1.783	1.989	0.146	-	0.035	0.281	0.087	1.100	0.015	Acy	أثينفتالين
2.535	2.052	0.257	-	0.066	5.468	0.078	0.217	0.037	Ace	أثينفتين
9.500	7.949	1.164	-	7.638	9.754	0.172	7.718	0.214	Fl	فلورين
2.070	1.987	11.012	-	1.717	1.912	6.227	3.173	3.102	Phen	فينانثرين
0.195	0.187	1.333	-	0.101	0.135	0.433	0.284	0.200	Ant	أنترائين
0.108	0.192	0.359	-	0.141	0.324	0.023	0.606	0.188	Fluo	فلورانثين
0.163	0.304	0.026	-	0.218	2.420	0.232	3.386	0.412	Pyr	بايرين
0.253	0.366	0.087	-	0.186	0.060	0.054	0.236	0.189	BaAnt	بنز (a) أنترائين
0.163	0.203	0.271	-	0.116	0.011	0.021	0.120	0.129	Chr	كرايزين
5.072	4.061	0.056	-	0.714	0.030	0.011	0.042	0.253	BbFluo	بنز (b) فلورانثين
0.640	1.168	0.008	-	0.044	0.038	0.007	0.025	0.014	BkFluo	بنز (k) فلورانثين

5.398	4.163	2.804	-	2.563	0.233	0.078	0.064	0.393	BaPyr	بنز بايرين (a)
0.177	0.684	1.118	-	1.343	1.396	1.029	1.132	1.084	Ind	إندينو بايرين
0.548	0.519	0.003	-	0.122	0.004	0.005	0.001	0.035	B Per	بنز بيريلين
28.607	25.825	18.644	-	15.005	22.066	8.457	18.104	6.264	∑PAHs	

الجدول (9) تركيز مركبات PAHs (ng/g_{dw}) لرسوبيات المحطات المدروسة في فصل الصيف

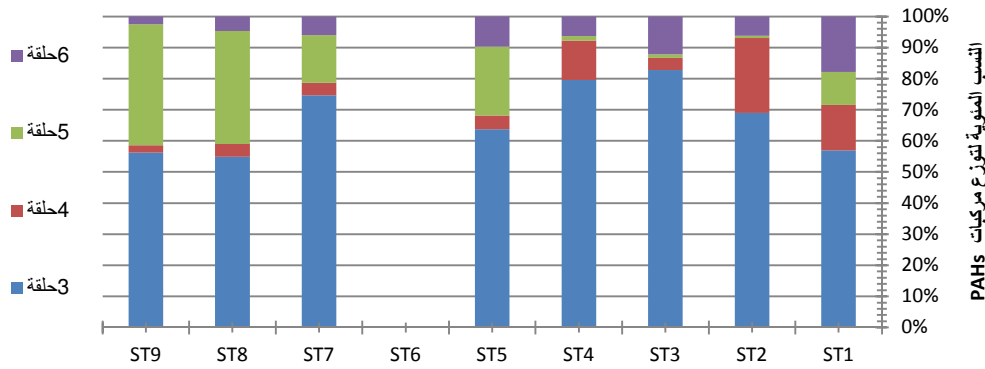
STR	ST9	ST8	ST7	ST6	ST5	ST4	ST3	ST2	ST1	
0.190	0.220	0.242	1.151	0.08	0.804	1.624	1.098	1.227	0.519	Acy
0.142	0.544	0.309	1.490	0.17	0.988	2.009	0.754	1.238	0.949	Ace
0.793	1.321	1.992	7.308	0.48	2.993	5.794	5.236	3.582	2.273	Fl
1.637	3.195	2.081	2.600	3.48	3.431	1.637	1.112	1.813	3.221	Phen
0.050	0.108	0.056	0.238	0.25	0.159	0.123	0.095	0.159	0.251	Ant
0.164	0.271	0.959	0.345	0.43	2.214	0.761	1.869	0.247	1.258	Fluo
0.261	0.457	1.645	0.611	1.33	4.058	1.382	2.651	0.318	2.229	Pyr
0.012	0.034	0.664	0.076	0.11	0.438	0.164	0.772	0.274	0.135	BaAnt
0.044	0.218	0.188	0.240	0.20	1.082	0.303	1.280	0.151	0.687	Chr
0.063	0.019	0.126	0.439	0.05	0.069	0.191	0.090	0.159	0.348	BbFluo
0.092	0.009	0.198	0.077	0.02	0.032	0.092	0.008	0.292	0.197	BkFluo
1.193	0.080	0.234	0.728	0.68	0.398	0.267	0.110	0.620	1.596	BaPyr
0.232	0.045	0.143	0.198	0.20	0.047	0.073	0.110	0.248	0.312	Ind
0.028	0.009	0.014	0.016	0.01	0.008	0.021	0.003	0.038	0.049	B Per
4.901	6.531	8.849	15.517	7.471	16.719	14.442	15.188	10.364	14.025	∑PAHs

الجدول (10) تركيز مركبات PAHs (ng/g_{dw}) لرسوبيات المحطات المدروسة في فصل الخريف

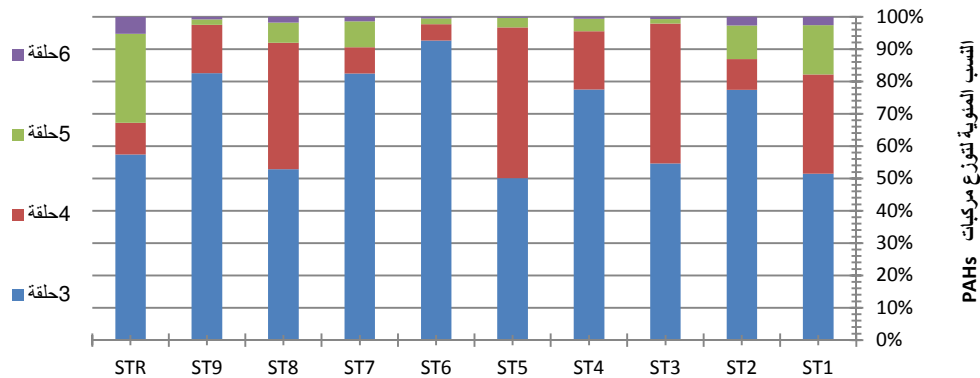
STR	ST9	ST8	ST7	ST6	ST5	ST4	ST3	ST2	ST1	
0.051	1.306	0.849	0.425	0.97	1.047	1.238	0.274	0.431	0.932	Acy
0.054	1.052	0.911	0.334	0.44	0.862	2.264	0.175	0.823	0.589	Ace
0.026	0.987	0.785	0.307	0.61	0.881	5.421	0.219	0.406	2.356	Fl
0.330	0.250	0.755	0.428	0.83	0.280	38.565	0.103	0.128	1.282	Phen
0.213	0.171	0.679	0.387	0.58	0.271	3.007	0.084	0.155	0.645	Ant
0.022	0.272	2.005	0.698	0.37	0.378	1.042	0.268	0.897	0.658	Fluo
0.012	0.218	1.171	0.656	0.24	0.343	1.846	0.185	0.496	0.627	Pyr
0.176	1.630	7.319	5.953	1.28	2.472	0.112	1.715	0.795	3.853	BaAnt
0.055	0.497	1.639	1.373	0.32	0.791	0.569	0.288	0.242	1.174	Chr
0.050	0.174	0.183	0.175	0.25	0.440	0.169	0.389	0.753	1.108	BbFluo
0.022	0.087	0.086	0.112	0.14	0.215	0.096	0.156	0.415	0.484	BkFluo
0.578	0.595	0.506	0.649	1.01	0.984	0.776	0.936	2.385	2.616	BaPyr
0.167	0.502	0.721	0.528	0.84	1.260	0.152	0.431	2.102	3.606	Ind
0.010	0.070	0.058	0.075	0.10	0.155	0.024	0.094	0.066	0.143	B Per
1.765	7.812	17.667	12.100	7.986	10.380	55.283	5.316	10.095	20.073	∑PAHs

تم دراسة توزيع مركبات PAHs في المحطات المدروسة وفقاً لعدد حلقاتها (الشكل 5)، إذ سيطرت المركبات ذات ثلاث حلقات في فصل الربيع في كل المحطات نظراً لتراكيز الفينانثرين والفلورين المرتفعة في الرسوبيات المدروسة. أظهرت النتائج ارتفاع نسبة المركبات المحتوية على خمس حلقات في المحطتين ST8 و ST9 نتيجة تزايد تراكيز

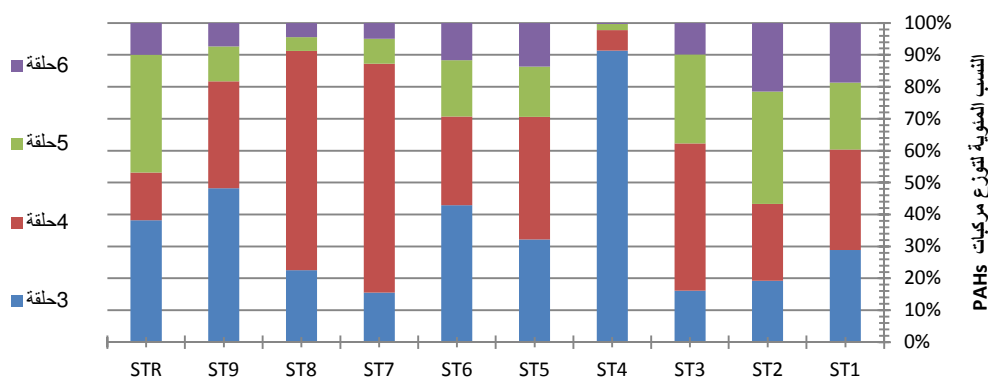
بنز (a) بايرين وبنز (b) فلورانثين Benzo (b) Fluoranthene, وسيطرة كبيرة لمركبات الـ PAHs الحاوية على ثلاث حلقات في رسوبيات المحطات المدروسة صيفاً (الشكل 6) نتيجة لارتفاع تراكيز فلورين وفينانثرين. رصدت نسبة عالية من المركبات المحتوية على أربع حلقات عطرية في المحطات ST1 كونها قريبة من مصبات الصرف الصحي وفي المحطتين ST3 و ST5 نظراً لتأثرها بنواتج محركات مراكب الصيد ومراكب النقل من وإلى جزيرة إرواد وكذلك المحطة ST8 المتأثرة مباشرة بما يحمله نهر الغمقة من ملوثات. تميز فصل الخريف (الشكل 7) بسيطرة مركبات PAHs الحاوية على أربع حلقات عطرية في رسوبيات عدد من المحطات ST1 و ST3 و ST5 و ST7 و ST8 والناتجة عن ارتفاع تركيز بنز a أنثراين والكرايزين. بينت النتائج ارتفاع تراكيز المركبات المحتوية على ثلاث حلقات في رسوبيات المحطات ST4 و ST6 و ST9، أما المحطة ST2 فكانت المركبات الحاوية على خمس حلقات هي الأكثر وجوداً، وتقارب كبير في نسب مركبات PAHs المحتوية على ثلاث أو خمس حلقات في المحطة STR الشاهدة والبعيدة نسبياً عن مصادر التلوث.



الشكل (5) النسب المئوية لمركبات PAHs في فصل الربيع تبعاً لعدد الحلقات في المحطات الرسوبية المدروسة



الشكل (6) النسب المئوية لمركبات PAHs في فصل الصيف تبعاً لعدد الحلقات في المحطات الرسوبية المدروسة



الشكل (7) النسب المئوية لمركبات PAHs في فصل الخريف تبعاً لعدد الحلقات في المحطات الرسوبية المدروسة

تم الاعتماد على مجموعة من النسب (Penko, 2010) لتحديد مصادر مركبات PAHs في رسوبيات المحطات المدروسة (الجدول 11).

الجدول (11) النسب المميزة لمصادر مركبات PAHs ذات الأصل الحراري (Pyr) أو البترولي (Pet) في الرسوبيات.

النسبة	Pet	Pyr	المرجع
LPAH/HPAH	>1	<1	Socio <i>et al.</i> , 2000 ; Maioli <i>et al.</i> , 2010
Ant /Phen	>15	<10	Socio, 1986 ; Gschwend and Hites, 1981
Flou/Pyr	<1	>1	Sicer <i>et al.</i> , 1987 ; Baumard <i>et al.</i> , 1998
Ant/Ant+Phen	<0.1	>0.1	Yunker <i>et al.</i> , 2002 ; Maioli <i>et al.</i> , 2010
Flou/Flou+Pyr	<0.4	>0.4	Maioli <i>et al.</i> , 2010

بينت النتائج (الجدول 12) أن مركبات الـ PAHs في رسوبيات جميع المحطات المدروسة في فصلي الربيع والصيف ذات مصادر بترولية، باستثناء المحطة ST7 التي تميزت بوجود مصدر مختلط حراري وبترولي في فصل الربيع بسبب النسبة $LPAH/HPAH < 1$ والناجمة عن التركيز المرتفع لبنز (a) أنترائين، سيطرت في فصل الخريف مركبات الـ PAHs ذات الأوزان الجزيئية العالية (4-5 حلقات) ذات مصدر حراري باستثناء المحطة ST4.

الجدول (12) مصدر مركبات PAHs في رسوبيات كافة المحطات المدروسة خلال فصول الدراسة

المحطات	فصل الربيع		فصل الصيف		فصل الخريف	
	بترولي	حراري	بترولي	حراري	بترولي	حراري
ST1	#		#			
ST2	#		#			
ST3	#		#			
ST4	#		#		#	

#			#		#	ST5
#			#			ST6
#			#	#	#	ST7
#			#		#	ST8
#			#		#	ST9
#			#			STR

أظهرت النتائج (الجدول 13) انخفاض تراكيز الـ PAHs في رسوبيات المحطات المدروسة في هذا البحث مقارنة مع دراسة سابقة لنفس المنطقة خلال عامي 2001-2002 وقبل توسعة الكورنيش الحالي لمدينة طرطوس (ناصر وحويج، 2009) ومن التراكيز المحددة في رسوبيات شاطئ مدينة اللاذقية (محمد وزملائه، 2004) رسوبيات شاطئ مدينة بانياس وقرب مصفاة بانياس (محمد وزملائه، 2003). تباينت تراكيز مركبات الـ PAHs تبعاً لطبيعة المنطقة المدروسة وموقعها بالنسبة لمصادر التلوث، فكانت التراكيز الكلية للـ PAHs في هذه الدراسة أقل من التراكيز في رسوبيات شواطئ سيبيريا الشمالية على بحر كارا (Dahle *et al.*, 2003) وأقل بكثير من تركيز الـ PAHs في رسوبيات ميناء صفاقس في تونس (Zaghden *et al.*, 2007) ورسوبيات الشواطئ القريبة من موانئ خليج تريست (Penko, 2010) وموقع طرح النفايات القديم في بحر البلطيق (Liehr, 2005).

الجدول (13) إجمالي تركيز الفحوم الهيدروجينية العطرية (PAHs) في رسوبيات مواقع مختلفة من العالم

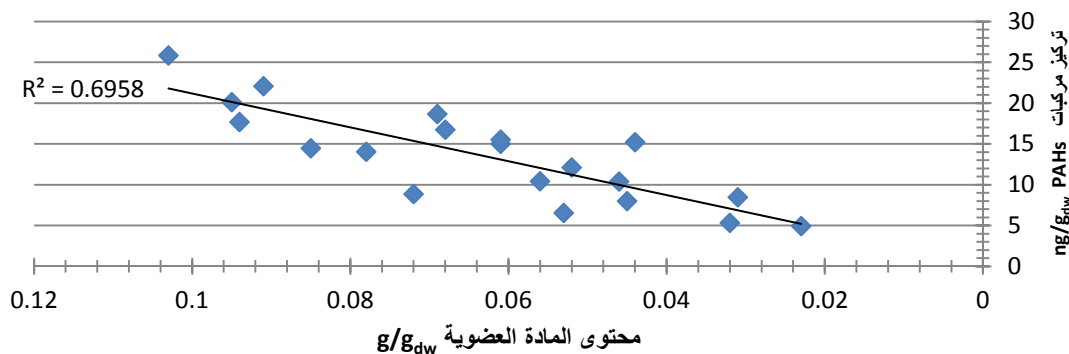
الموقع	التركيز (ng/g _{dw})	المرجع
سورية - البحر المتوسط - شاطئ مدينة طرطوس 2010	1.76 - 55.28	هذه الدراسة
سورية - البحر المتوسط - شاطئ مدينة طرطوس 2002 - 2001	nd - 264.9	ناصر و حويجه , 2009
سورية - البحر المتوسط - شاطئ مدينة بانياس 2001 - 2000	313 - 3931000	محمد و زملائه , 2003
سورية - البحر المتوسط - شاطئ مدينة اللاذقية 2001 - 2000	11.6 - 562.67	محمد و زملائه , 2004
تونس - البحر المتوسط - صفاقس	110 - 10720	Zaghden <i>et al.</i> , 2007
سلوفانيا-البحر الأدرياتي- خليج تريست	297 - 115854	Penko, 2010
ألمانيا - بحر البلطيق	50 - 5500	Liehr, 2005
روسيا - بحر كارا - المحيط المتجمد الشمالي	14 - 174	Dahle <i>et al.</i> , 2003

يرتبط غالباً مستوى الملوثات الكارهة للماء والمترابطة في الرسوبيات بعلاقة ارتباط إيجابية مع محتوى المادة العضوية في هذه الرسوبيات والذي يتعلق بطبيعة هذه الرسوبيات، إذ وجدت علاقة بين الرسوبيات الطينية (حجم الحبيبة >63µm) ومستوى الملوثات في الرسوبيات (Dahle *et al.*, 2003). ارتبط محتوى المادة العضوية

(الجدول 14) في رسوبيات المحطات بطبيعة الرسوبيات الموجودة فيها، إذ كانت مرتفعة في الرسوبيات الرملية الناعمة مع الطمي ومنخفضة في الرمل الخشن جداً مع حثات، علماً إن وجود علاقة ارتباط ذات أهمية ($R^2 = 0,695$) بين $\sum PAHs$ ومحتوى المادة العضوية في الرسوبيات، دليل على دور المادة العضوية في نقل مركبات الـ PAHs إلى الرسوبيات (الشكل 8).

الجدول (14) محتوى المادة العضوية في رسوبيات المحطات المدروسة خلال فترة الدراسة

نوع الرسوبيات	محتوى المادة العضوية من الوزن الجاف g/g _{dw}			مواقع الدراسة
	خريف	صيف	ربيع	
رمل ناعم جداً + طمي	0.095	0.078	0.069	ST1
رمل خشن جداً+حثات	0.043	0.046	0.049	ST2
رمل خشن جداً+حثات	0.032	0.044	0.031	ST3
رمل ناعم جداً + طمي	0.107	0.085	0.091	ST4
رمل ناعم + طمي	0.056	0.068	0.061	ST5
رمل ناعم + طمي	0.045	0.074		ST6
رمل ناعم + طمي	0.052	0.061	0.069	ST7
رمل ناعم جداً + طمي	0.094	0.072	0.103	ST8
رمل ناعم + طمي	0.064	0.053	0.051	ST9
رمل خشن جداً+حثات	0.018	0.023		STR



الشكل (8) علاقة الارتباط بين محتوى المادة العضوية وتركيز مركبات PAHs الكلي في العينات الرسوبية

الاستنتاجات والتوصيات:

1. سجلت العينات المائية تراكيز مرتفعة لمركبات الـ PAHs مقارنة مع الرسوبيات.
2. تقاربت التراكيز الكلية لمركبات الـ PAHs كلما ابتعدنا عن مصادر التلوث (صرف صحي- مصب نهر الغمقة) في العينات المائية، في حين تناقصت التراكيز في العينات الرسوبية لهذه المحطات بالابتعاد عن هذه المصادر.

3. سيطرت مركبات الـ PAHs ذات الوزن الجزيئي المنخفض (3 حلقات) خلال فصول الدراسة في مياه المنطقة الشاطئية المدروسة في حين كانت السيطرة خلال فصلي الربيع والصيف في الرسوبيات.
4. يعود مصدر مركبات الـ PAHs في المياه إلى طبيعة بترولية بشكل عام خلال فصول الدراسة، بينما مصدرها في الرسوبيات بترولي في فصلي الربيع والصيف وحراري في فصل الخريف نتيجة سيطرة مركبات الـ PAHs ذات الأوزان الجزيئية العالية (4-5 حلقات).
5. انخفضت التراكيز الكلية لمركبات الـ PAHs في العينات المائية والرسوبية للمحطات المدروسة خلال فصل الصيف نتيجة ازدياد عمليات التحلل الحيوي والأكسدة بسبب ارتفاع درجات الحرارة وتزايد النشاطات الجرثومية الذي يؤدي إلى تناقص هذه المركبات.
6. تعد التراكيز الكلية لمركبات الـ PAHs في جميع المحطات المدروسة خلال فترة الدراسة منخفضة و لم تتجاوز القيمة (4000 ng/g) وهي القيمة المعبرة عن مجال التأثيرات الضعيفة (ER-L) الصادرة عن الإدارة الوطنية الأمريكية لمراقبة المحيطات والغلاف الجوي (USNOAA)، وبالتالي فهي لا تشكل لوجدها خطراً يهدد الأحياء البحرية (ناصر وحيجة، 2009).
7. الحد من وصول مركبات الـ PAHs إلى البيئة البحرية من خلال تطبيق القوانين المتعلقة في مجال البيئة.
8. تطبيق مثل هذه الدراسات على النقاط الساخنة على طول الشاطئ السوري ووضع قاعدة بيانات عن توزع هذه المركبات في أطوار البيئة البحرية المختلفة.
9. مراقبة مصادر هذه المركبات الناتجة عن النشاط البشري للحد من تصريف منتجاتها عبر مياه الأنهار أو بشكل مباشر في المياه البحرية من خلال محطات معالجة خاصة لكل منشأة صناعية.

المراجع:

- ATSDR, " Agency for Toxic Substances and Disease Registry", *toxicological profile for polycyclic aromatic hydrocarbons*. Georgia USA, 1995, 487.
- BAMFORTH, S. M; SINGLETON, I. *Review Bioremediation of polycyclic aromatic hydrocarbons: current knowledge and future directions*. Journal of Chemical Technology and Biotechnology UK, Vol.80, 2005, 723-736.
- BAUMARD, P; BUDZINSKI, H; GARRIGUES, P. *PAHs in Arcachon Bay, France: Origin and biomonitoring with caged organisms*. Marine Pollution Bulletin, Vol.36, 1998, 577-586.
- BRUNO,P; TAMARA,G. *Effects of Organic and Metallorganic Pollutants on European Gastroped Species*. 2ed, Fascari Di Venezia Italy, 2009, 184.
- CLARK, R.B; FRID, C; ATTIRILL, M. *Marine Pollution*. 4ed. Oxford University Press USA, 1998,161.
- DAHLE, S; SAVINOV, V. M; MATISHOV, G. G; EVENSET ,A; NAES, K. *Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in bottom sediment of the Kara Sea shelf, Gulf of Ob and Yenisei Bay*. The Science of the total Environment, Vol.306, Russia, 2003, 57-71.
- GSCHWEND, P. M; HITES, R. A. *Fluxes of Polycyclic aromatic compounds to marine and lacustrine sediments in the notheastern United States*. Geochimica et Cosmochimica Acta, Vol.45, 1981, 2359-2367.

- HEIRI, O; LOTTER, A. F; LEMCKE, G. *Loss on ignition as a method for estimating organic and carbonate content in sediments: reproducibility and comparability of results*. Journal of Paleolimnology Netherlands, 25, 2001, 101–110.
- IOC, "Intergovernmental Oceanographic Commission". *Manual for monitoring oil and dissolver/dispersed petroleum hydrocarbons in marine water and on beaches*. Procedures for the petroleum component of the IOC Marine Pollution, Monitoring System (MARPOLMON-P), 1984.
- LAW, R; HANKE, G; ANGELIDIS, M; BATTY, J; BIGNERT, A; DACHS, J; DAVIES, I; DENG, Y; DUFFEK, A; HERUT, B; HYLLAND, K; LEPOM, P; LEONARDS, P; MEHTONEN, J; PIHA, H; ROOSE, P; TRONCZYNSKI, J; VELIKOVA, V; VETHAAK, D. *MARINE STRATEGY FRAMEWORK DIRECTIVE Task Group 8 Report Contaminants and pollution effects*. European Union and ICES Italy, 2010, 171.
- LIEHR, G.A. *Distribution and Ecotoxicological Effects of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs) in Sediments from the western Baltic Sea*. Dissertation, Rostock, Germany, 2005,134.
- MAIOLI, L. G; RODRIGUES, K. C; KNOPPERS, B. A; AZEVEDO, D. A. *Distribution and Sources of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Surface Sediments from Two Brazilian Estuarine Systems*. J. "Braz. Chem. Soc. Brazil", Vol.21 , No.8 , 2010, 1543-1551.
- MALDONALDO, C; BAYONA, J.M; BODINEAU, L. *Sources, distribution and water column processes of aliphatic and polycyclic aromatic hydrocarbons in the Northwestern Black sea water*. Environmental Science and Technology, 33, 1999, 2693-2702.
- NEFF, J. M. *Polycyclic aromatic hydrocarbons in the aquatic environment*. Applied Science Publishers Ltd London, 1979, 262.
- NIKOLAOU, A; KOSTOPOULOU, M; LOFRANO, G; MERIC, S. *determination of PAHS in marine sediments: analytical methods and environmental conceres*, Global NEST Journal Greece, Vol.11, No.4, 2009, 391- 405.
- PENKO, L. *Polycyclic aromatic hydrocarbons in the seawater and sediments of the gulf of Trieste*. Master's thesis, University of Nova Gorica Slovenia, 2010, 71.
- QIU, W; ZHANG, G; LIU, G.Q; GUO.L; LI.D; WAI.O. *Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in the water column and sediment core of Deep Bay, South China*. Estuarine, Coastal and Shelf Science China, 83, 2009, 60-66.
- SICRE, M. A; MARTY, J. C; Saliot, A; Aparicio, X; Grimalt, J; Albaiges, J. *Aliphatic and aromatic hydrocarbons in different sized aerosols over the Mediterranean Sea: Occurrence and origin*. Atmospheric Environment, Vol. 21, 1987, 2247-2259.
- SOCLO, H. *Etude de la distribution des hydrocarbures aromatiques polycycliques dans les sédiments marine récents, identification es sources*. Ph.D. thesis No. 50, University Bordeaux France,1986, 158.
- SOCLO, H. H; GARRIGUES, P; EWALD, M. *Origin of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs) in Coastal Marine Sediments: Case Studies in Cotonou (Benin) and Aquitaine (France) Areas*. Marine Pollution Bulletin, Vol.40, 2000, 387-396.
- UNEP, "UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME". *Determination of petroleum hydrocarbons in sediments*. Reference Methods for Marine Pollution Studies, No. 20,1992,78.

- VALAVANIDIS, A; VLACHOGIANNI, TH; TRIANTAFILLAKI, S; DASSENAKIS, M; ANDROUTSOS, F;SCOULLOS, M. *Polycyclic aromatic hydrocarbons in surface seawater and in indigenous mussels (Mytilus galloprovincialis) from coastal areas of the Saronikos Gulf, Greece*. Estuarine, Coastal and Shelf Science Greece, 79, 2008, 733-739.
- VETHAAK, A. D; PIETERS, J; JOL, J. G. *Long-term trends in the prevalence of cancer and other major diseases among flatfish in the southeastern North Sea as indicators of changing ecosystem health*. Environmental Science & Technology 43, 2009, 2151-2158.
- YAN,W;CHI,J;WANG,H;HUANG,W;ZHANG,G. *Spatial and distribution of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs)from Daya Bay, South China*. Environmental Pollution Elsevier Ltd,Vol.157,2009,1823-1830.
- YUNKER, M.B; MACDONALD, R.W; VINGARZAN, R; MITCHELL, R.H; GOYETTE D;SYLVESTRE, S. *PAHs in the Fraser River Basin: a critical appraisal of PAH ratios as indicators of PAH source and composition*. Organic Geochemistry, Vol.33, 2002, 489-515.
- ZAGHDEN, H; KALLEL, M; ELLEUCH; B, OUDOT, J; SALIOT, A. *Sources and distribution of aliphatic and polyaromatic hydrocarbons in sediments of Sfax, Tunisia, Mediterranean Sea*. Marine Chemistry Tunisia, Vol.105, 2007, 70-89.
- ZHOU, J.L; MASKAOUI, K. *Distribution of polycyclic aromatic hydrocarbons in water and surface sediments from Daya Bay*. Environmental Pollution China, 121, 2003, 269-281.
- محمد , عصام ؛ حويجة , عماد ؛ أغيورلي , محمد أمير . مساهمة في دراسة واقع المركبات الهيدروكربونية متعددة النوى العطرية (PAHs) في رسوبيات شاطئ مدينة اللاذقية . مجلة جامعة تشرين للدراسات و البحوث العلمية - سلسلة العلوم الأساسية , 2004 , المجلد 26 , العدد 3 , 91-110 .
- محمد, عصام ؛ علاء الدين , فاتن ؛ محفوض , هند . مساهمة في توزع المركبات الهيدروكربونية العطرية (PAHs) في رسوبيات و مياه شاطئية مدينة بانياس . مجلة جامعة تشرين للدراسات و البحوث العلمية - سلسلة العلوم الأساسية , 2003 , المجلد 25 , العدد 14 , 115-137 .
- ناصر , محمد؛ حويجة, عماد. دراسة توزع المركبات الهيدروكربونية متعددة الحلقات العطرية (PAHs) في رسوبيات ومياه شاطئ مدينة طرطوس باستخدام تقانتي الاستخلاص و الكروماتوغرافيا الغازية. مجلة جامعة تشرين للدراسات و البحوث العلمية - سلسلة العلوم الأساسية , 2009 , المجلد 31 , العدد 1 , 109-126 .