جمهورية العراق

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

جامعة ميسان – كلية العلوم

قسم علوم الحياة

التراكم الحيوي لمركبات ثنائي الفينيل متعدد الكلور في بعض أنواع أسماك نهر دجلة / محافظة ميسان - العراق

رسالة مقدمة الى

مجلس كلية العلوم / جامعة ميسان

وهي جزء من متطلبات نيل درجة الماجستير في علوم الحياة

من قبل

حليمه بهار كاظم

بكالوريوس كلية التربية –علوم الحياة (2007)

بأشراف

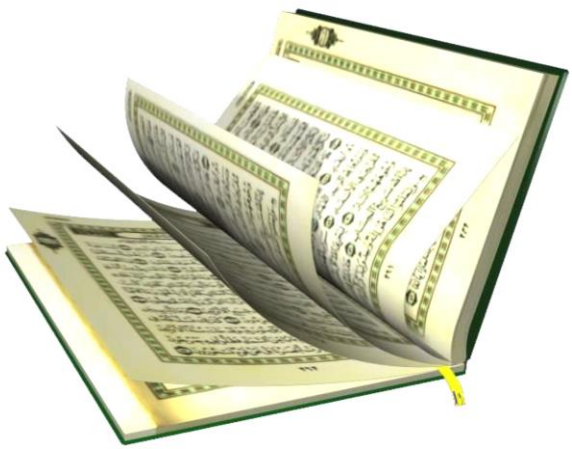
أ.د. صالح حسن جازع

1446هـ 2025م

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

﴿ وَأَن لَّيْسَ لِلْإِنسَانِ إِلَّا مَا سَعَىٰ وَأَنَّ سَعْيَهُ سَوْفَ يُرَىٰ ﴾

صدق الله العلي العظيم



سورة النجم الاية (39)

إقرار المشرف

أقر بأن إعداد هذه الرسالة

(التراكم الحيوي لمركبات ثنائي الفينيل متعدد الكلور في بعض أنواع أسماك نهر دجلة / محافظة ميسان – العراق)

المقدمة من قبل الطالبة (حليمه بهار كاظم) قد جرت تحت اشرافي في قسم علوم الحياة – كلية العلوم – جامعة ميسان كجزء من متطلبات نيل شهادة الماجستير في علوم الحياة.

التوقيع:

اسم المشرف: أ.د. صالح حسن جازع

اللقب العلمي: أستاذ

التاريخ:

توصية رئيس القسم

بناءً على التوصية المقدمة من قبل الأستاذ المشرف احيل هذه الرسالة الى لجنة المناقشة لدراستها وبيان الرأي فيها.

التوقيع:

اسم رئيس القسم: أ.د. صالح حسن جازع

اللقب العلمي: استاذ

التاريخ :

إقرار لجنة المناقشة

نشهد نحن أعضاء لجنة التقويم والمناقشة الموقعين ادناه باننا اطلعنا على الرسالة الموسومه بـ **(التراكم الحيوي لمركبات ثنائي الفينيل متعدد الكلور في بعض أنواع أسماك نهر دجلة / محافظة ميسان – العراق)** المقدمه من قبل الطالبة (حليمه بهار كاظم) ، وناقشنا الطالبة في محتوياتها وفيما له علاقة بها، بتاريخ 2025/5/29 فوجدناها جديرة بالقبول لنيل درجة الماجستير في علوم الحياة.

التوقيع:

أ.د. محمد جواد صالح

كلية العلوم /جامعة الكوفه

التاريخ: / /2025

رئيساً

التوقيع:

أ.م.د. نيران عدنان عباس

كلية العلوم /جامعة ميسان

التاريخ: / /2025

عضواً

التوقيع:

أ.د. صالح حسن جازع

كلية العلوم /جامعة ميسان

التاريخ: / / 2025

عضواً ومشرفاً

التوقيع:

أ.م.د.اسراء إبراهيم لازم

كلية العلوم /جامعة ميسان

التاريخ: / /2025

عضواً

مصادقة عمادة كلية العلوم / جلمعة ميسان

التوقيع:

أ.م.د. تحسين صدام فندي

التاريخ: / / 2025

العميد

الاهداء

الى . . . . . نور الهدى ومصباح الدجى وسفينة النجاة الى سيد

الأنبياء والمرسلين محمد (ص)

الى . . . . . من أعيش بركة دعائهما مصدر اعتزازي امي وابي

اطال الله عمرهما

الى . . . . . من أعانني في كبواتي وملأ حياتي بالتحدي وتخطي

الصعاب رفيق دربي زوجي

الى . . . . . من اسعى واشقى لاجلهم مصدر سعادتي اطفالي

الى . . . . . أروع ما في الوجود اختي واخي

الى . . . . . كل من علمني حرفاً وساندني

اهدي ثمرة جهدي المتواضع .

حليمه

الشكر والتقدير

الحمد لله الذي به تتم النعم فله جزيل الحمد والثناء العظيم الذي انعم علينا برسوله الكريم محمد (صلى الله عليه وآله وسلم) فعلمنا ما لم نعلم وحثنا على طلب العلم اينما وجد الحمد لله الذي وفقنا لإنجاز هذه الرسالة.

اهتداء بقول النبي (صلى الله عليه وآله وسلم) من لم يشكر المخلوق لم يشكر الخالق ، اغتنم هذه الفرصة كي اتقدم بجزيل الشكر والعرفان لأستاذي المشرف على رسالتي الدكتور صالح حسن جازع لما قدمه من دعم ومساندة وتوجيه واراء علمية ساهمت في اتمام البحث متمنية له دوام التوفيق وجزاه الله عني خير الجزاء .

كما يسعدني ان اتقدم بخالص الشكر والتقدير الى عمادة كلية العلوم- جامعة ميسان لرعايتها وتقديمها التسهيلات لطلبة الدراسات العليا ، كما اخص بالشكر والامتنان الى اساتذة قسم علوم الحياه لما افاضوا علينا من فيض علمهم وسعة خبرتهم ، واتقدم بالشكر الجزيل الى الدكتور عبد الحسين عليعل في مركز علوم البحار- جامعة البصرة لمساعدته لي في إتمام بعض التحاليل.

والشكر الموصول الى الدكتور محمد هاتو في كلية الزراعة لملاحظاته القيمة في تصنيف اسماك الدراسة واتقدم بالشكر الى الدكتور مصطفى حلو لمساعدته في رسم خارطة مواقع الدراسة ، كما أشكر الأستاذ المساعد الدكتورة رنا صبيح معاون عميد كلية التربية والدكتور ضرغام عميد كلية الزراعة_ جامعة ميسان والأستاذ الفاضل الدكتور اسعد يحيى _ جامعة البصرة على مساعدتهم في اتمام التحاليل الاحصائية .

واتقدم بالشكر وجزيل الامتنان الى من ساندني وساعدني على جمع العينات وفي تخطي مصاعب الدراسة زوجي وعائلتي لما تحملوه من الصبر والتعب معي طوال مدة الدراسة .

اتقدم بالشكر الخالص الى اخواتي زملاء الدراسة وبالأخص الست الاء حسن وست نورس جاسم لما قدماه من دعم ونصائح طيلة مدة الدراسة واخيراً وليس اخراً اقدم الشكر الجزيل الى كل من مد لي يد العون من قريب او بعيد ولكل من منحني من وقته ووقفت عاجزاً امام شكركم.

حليمه

الخلاصة Summary

تناولت الدراسة تقدير تراكيز مركبات ثنائي الفينيل متعدد الكلور polychlorinated Biphenyls compounds (PCBs) وتشخيص انواعها في عينات المياه والرواسب وانسجة الكبد والعضلات والبيوض لخمسة انواع من أسماك نهر دجلة في محافظة ميسان ، جمعت عينات المياه والرواسب من ثلاث محطات هي القاهرة والزيوت وقلعة صالح، وتم ايضاً قياس بعض العوامل البيئية كدرجة حرارة الماء والهواء والاس الهيدروجيني والملوحة والتوصيلية الكهربائية والمواد الصلبة الذائبة الكلية في عينات المياه فضلاً عن تحديد النسبة المئوية لمحتوى الكربون العضوي الكلي ومكونات نسجة الرواسب .

تراوحت درجات حرارة الهواء والماء بين (40-19) و (33-12) مْ على التوالي , اما قيم الاس الهيدروجيني فتراوحت بين (8.67-6.57) وكانت ضمن الاتجاه القاعدي ، والملوحة بين (4.7-3.6) جزء بالالف و التوصيلية الكهربائية بين (2424-1761) مايكروسيمنز/سم والمواد الصلبة الذائبة الكلية بين (1288-801) ملغم/ لتر ، بينما النسبة المئوية لمحتوى الكربون العضوي الكلي في الرواسب فتراوحت بين (8.96-3.20) ٪ خلال فصلي الصيف والشتاء على التوالي وكانت نسجة الرسوبيات من نوع غرينية رملية اذ تراوحت النسبة المئوية للغرين بين (69-45) ٪ والرمل بين (50-12)٪ والطين بين (25-5) ٪ .

استخدم جهاز كروماتوغرافيا الغاز – مطياف الكتلة (GC-MASS) لقياس مركبات PCBs في عينات الدراسة ، اذ تراوحت تراكيز مركبات PCBs في المياه بين (1.50) نانوغرام/لتر في محطة القاهرة شتاءاً و (3.53) نانوغرام /لتر في محطة الزيوت خلال نفس الفصل ، لوحظ هيمنة متجانسات منخفضه الكلور في المياه حيث تراوحت بين (0.39) نانوغرام /لتر في محطة الزيوت صيفاً و(2.33) نانوغرام/لترفي محطة القاهرة في نفس الفصل، ومتجانسات عالية الكلور بين (0.43) نانوغرام /لترفي محطة القاهرة صيفاً و(1.49) نانوغرام/ لتر في الزيوت خلال نفس الفصل، والنسبة المئوية السائدة سجلت لمركبات PCB18,PCB52,PCB189.

وفي الرواسب كانت بين (1.12) نانوغرام/غرام في قلعة صالح شتاءاً و (12.18) نانوغرام/غرام وزن جاف في القاهرة صيفاً ، وسادت متجانسات عالية الكلور في الرواسب اذ تراوحت بين (7.37-0.17) نانوغرام/غرام والمنخفضة الكلور بين (6.66-0.88) نانوغرام/غرام وزن جاف خلال الشتاء والصيف على التوالي، والنسبة المئوية السائدة لمركبات PCB18, PCB44, PCB52 ,PCB189

اما في الاسماك فتراوحت مجموع تراكيزPCBs في اسماك *Cyprinus carpio* بين(6.56-1.89) نانوغرام /غرام وزن جاف في العضلات والبيوض على التوالي شتاءاً، وسادت متجانسات عالية الكلور اذ تراوحت بين (4.85-0.78) نانوغرام/غرام بينما منخفضة الكلور بين (2.38-0.39) نانوغرام/غرام وزن جاف ، وكانت النسبة المئوية لمركبات PCBs52,PCBs138, PCBs189، وفي سمك *Liza abu تراوحت* بين (4.26-0.62) نانوغرام/غرام وزن جاف في العضلات والبيوض خلال الصيف والشتاء على التوالي، وظهرت سياده لمتجانسات منخفضة الكلور تراوحت بين (2.72-0.16) نانوغرام/غرام وزن جاف ، والنسبة المئوية السائدة لمركبات PCB101,PCB194 ، اما في سمك *Barbus xanthopterin* تراوحت تراكيز المركبات بين (3.10-1.57) نانوغرام/غرام وزن جاف في العضلات والبيوض خلال الصيف والشتاء على التوالي، وتراوحت متجانسات منخفضة الكلور بين (2.41-0.38) نانوغرام/غرام ، وعالية الكلور بين (1.19-0.27) نانوغرام/غرام وزن جاف ، وكانت النسبة المئوية السائدة لمركبات PCB52,PCB101,PCB189 ، وفي سمك *Aspius vorax* بين (6.93-1.03) نانوغرام/غرام وزن جاف في العضلات والكبد خلال الصيف والشتاء

على التوالي، وكانت السيادة لمتجانسات عالية الكلور والتي تراوحت بين (0.71-4.70) نانوغرام/غرام وزن جاف ، والنسبة المئوية السائدة لمركبات PCB18,PCB101,PCB189,PCB149 ، بينما تراوحت في اسماك *Acanthopagrus latus* بين (1.69-46.9) نانوغرام/غرام وزن جاف في العضلات والبيوض خلال الصيف والشتاء على التوالي ، والسيادة لمتجانسات منخفضة الكلوراذ تراوحت بين (0.71-43.24) نانوغرام/غرام وعالية الكلور بين (0.98-9.09) نانوغرام/غرام وزن جاف، والنسبة المئوية السائدة لمركب PCB101.

اظهرت نتائج التحليل الاحصائي ان اعلى التراكيز لمركبات PCBs كانت في اسماك *A. latus* تليها اسماك *C. carpio* لقابليتها على تراكم مركبات PCBs في انسجتها، وكانت مركبات PCBs عالية الكلور في انسجة الاسماك خلال فصل الشتاء مرتفعة بسبب ثباتها ومقاومتها للتحلل، بشكل عام سادت مركبات ثلاثية وخماسية وسداسية الكلور تليها مركبات سباعية وثمانية الكلور بنسب اقل ثم بقية المركبات، وسجلت تراكيز المركبات في انسجة الأسماك على النحو التالي: البيوض > العضلات >الكبد.

وكانت النسبة المئوية لمركبات PCBs السائدة في عينات الدراسة هي مركبات PCB101,PCB18, PCB141, PCB138 تليها بنسب اقل مركبات PCB149,PCB153,PCB194.

عند مقارنة تراكيز مركبات PCBs في المياه والرواسب والاسماك كانت الرواسب هي المهيمنة خلال فصل الصيف لان المركبات تتعلق في الرواسب اما خلال الشتاء فكانت الأسماك هي المهيمنة لألفة المركبات للدهون وتراكمها داخل الأنسجة الدهنية ، وبسبب قابلية الذوبان المنخفضة للمركبات في المياه فقد كانت التراكيز منخفضة في المياه واظهرت نتائج الدراسة مستويات التراكيز لمركبات PCBs على النحو الاتي الأسماك > الرواسب > المياه، كانت مستويات مركبات PCBs ضمن الحدود المسموح بها عالمياً مما يشير الى عدم وجود خطر كبير في الوقت الحاضر من استهلاك الأسماك.

وتعد هذه الدراسة اول دراسة من نوعها في المنطقة والثالثة في المياه العراقية وبالإمكان استخدامها كدراسة مرجعية اساسية للدراسات اللاحقة.

قائمة المحتويات

	العنوان	رقم الصفحه
	الخلاصة	i-ii
	قائمة المحتويات	iii-v
	قائمة الجداول	v-vii
	قائمة الاشكال	vii-viii
	قائمة المخططات	viii
	قائمة الصور	viii
	قائمة الملاحق	viii-x
	قائمة المختصرات	x-xi
الرقم	**الفصل الأول :المقدمة واستعراض المراجع**	**24-1**
1.1	المقدمة	3-2
2.1	الهدف من الدراسة	4
3.1	استعراض المراجع	5
1.3.1	تلوث المياه	5
2.3.1	مصادر تلوث المياه	6-5
3.3.1	أنواع الملوثات	6
4.3.1	الخصائص الفيزيائية والكيميائية	7
1.4.3.1	درجة الحرارة	7
2.4.3.1	الاس الهيدروجيني	7
3.4.3.1	التوصيلية الكهربائية	8
4.4.3.1	الملوحة	8
5.4.3.1	المواد الصلبة الذائبة الكلية	8
6.4.3.1	الكربون العضوي الكلي	9
7.4.3.1	التحليل الحجمي لحبيبات الرسوبيات	9
5.3.1	مركبات ثنائي الفينيل متعدد الكلور	11-10
6.3.1	التركيب الكيميائي لمركبات PCBs	11
7.3.1	مصادر مركبات PCBs	12
8.3.1	الأسماء التجارية لمركبات PCBs	14-12
9.3.1	تعرض الانسان لمركبات PCBs	15

10.3.1	التأثيرات الصحية	17-16
11.3.1	التأثيرات البيئية	19-18
12.3.1	تأثيرات مركبات PCBs على الأسماك	19
13.3.1	التراكم الحيوي لمركبات PCBs في الأسماك	19
14.3.1	ايض مركبات PCBs	20
15.3.1	الأهمية الاقتصادية للأسماك	22-21
16.3.1	الدراسات المحلية السابقة	22
17.3.1	الدراسات السابقة في العالم	24-23
	الفصل الثاني : المواد وطرق العمل	**44-27**
1.2	وصف منطقة الدراسة	28
2.2	محطات الدراسة	30
1.2.2	حي القاهرة	30
2.2.2	الزيوت	30
3.2.2	قلعة صالح	31
3.2	الأجهزة والمواد الكيميائية المستخدمة في الدراسة الحالية	34-33
4.2	تصميم الدراسة	35
4.2	جمع العينات	35
1.4.2	عينات المياه	35
2.4.2	عينات الرواسب	36
3.4.2	عينات الاسماك	36
5.2	تحضير العينات	36
1.5.2	عينات الرواسب	36
2.5.2	عينات الاسماك	36
6.2	العوامل الفيزيائية والكيميائية	36
1.6.2	درجة الحرارة	36
2.6.2	الاس الهيدروجيني	36
3.6.2	التوصيلية الكهربائية والملوحة	37
4.6.2	الكربون العضوي الكلي	37
5.6.2	التحليل الحجمي لحبيبات الرسوبيات	37
7.2	استخلاص مركبات PCBs من المياه	37
8.2	استخلاص مركبات PCBs من الرسوبيات	38
9.2	استخلاص مركبات PCBs من الاسماك	38

10.2	قياس أوزان وأطوال الاسماك المدروسة	39
11.2	وصف وتصنيف اسماك الدراسة	39
1.11.2	الكارب الشائع	39
2.11.2	الشلكَ	40
3.11.2	صغير الكطان	41
4.11.2	الشانكَ	42
5.11.2	الخشني	43
12.2	التحليل الاحصائي	44
	الفصل الثالث: النتائج والمناقشة	83-45
1.3	الفحوصات الفيزيائية والكيميائية	46
1.1.3	درجة حرارة الماء والهواء	46
2.1.3	الاس الهيدروجيني	47
3.1.3	الملوحة	48
4.1.3	التوصيلية الكهربائية	49
5.1.3	المواد الصلبة الكلية	50
6.1.3	الكربون العضوي الكلي	52-51
7.1.3	نسجه التربة	53-52
2.3	مركبات PCBs في المياه	58-54
3.3	مركبات PCBs في الرواسب	63-59
4.3	مركبات PCBs في الاسماك	83-64
	الفصل الرابع: الاستنتاجات والتوصيات	86-84
1.4	الاستنتاجات	85
2.4	التوصيات	86
	المصادر	107-87
	الملاحق	108-124

قائمة الجداول

الرقم	العنوان	الصفحة
1-1	الأسماء التجارية لمركبات PCBs	14
2-2	الاحداثيات لمواقع الدراسة	32
3-2	المواد الكيميائية المستخدمة في الدراسة	33

4-2	الأجهزة المستخدمة في الدراسة	34
5-2	اوزان واطوال الأسماك المدروسة	39
6-3	الحدود المسموح بها للعوامل البيئية المدروسة حسب منضمة الصحة العالمية والمواصفات العراقية	51
7-3	تراكيز مركبات PCBs (نانوغرام/لتر) في المياه خلال فصل الصيف	56
8-3	تراكيز مركبات PCBs (نانوغرام/لتر) في المياه خلال الشتاء	57
9-3	مقارنة تراكيز مركبات PCBs في مياه الدراسة الحالية مع بعض الدراسات الأخرى في العالم	58
10-3	تراكيز مركبات PCBs (نانوغرام/غرام وزن جاف) في الرواسب خلال فصل الصيف	61
11-3	تراكيز مركبات PCBs (نانوغرام/غرام وزن جاف) في الرواسب خلال فصل الشتاء	62
12-3	مقارنة تراكيز مركبات PCBs في رواسب الدراسة الحالية مع بعض الدراسات الأخرى في العالم	63
13-3	تراكيز مركبات PCBs (نانوغرام/غرام وزن جاف) في انسجة سمك *C. carpio* خلال فصل الصيف	65
14-3	تراكيز مركبات PCBs (نانوغرام/غرام وزن جاف) في انسجة سمك *C. carpio* خلال فصل الشتاء	66
15-3	تراكيز مركبات PCBs (نانوغرام/غرام وزن جاف) في انسجة سمك *L. abu* خلال فصل الصيف	68
16-3	تراكيز مركبات PCBs (نانوغرام/غرام وزن جاف) في انسجة سمك *L. abu* خلال فصل الشتاء	69
17-3	تراكيز مركبات PCBs (نانوغرام/غرام وزن جاف) في انسجة سمك *B. xanthopterus* خلال فصل الصيف	71
18-3	تراكيز مركبات PCBs (نانوغرام/غرام وزن جاف) في انسجة سمك *B. xanthopterus* خلال فصل الشتاء	72
19-3	تراكيز مركبات PCBs (نانوغرام/غرام وزن جاف) في انسجة سمك *A. vorax* خلال فصل الصيف	74
20-3	تراكيز مركبات PCBs (نانوغرام/غرام وزن جاف) في انسجة سمك *A. vorax* خلال فصل الشتاء	75
21-3	تراكيز مركبات PCBs (نانوغرام/غرام وزن جاف) في انسجة سمك *A. latus* خلال فصل الصيف	77

22-3	تراكيز مركبات PCBs (نانوغرام/غرام وزن جاف) في انسجة سمك *A. latus* خلال فصل الشتاء	78
23-3	مقارنة تراكيز مركبات PCBs (نانوغرام/غرام وزن جاف) في أسماك الدراسة الحالية مع بعض الدراسات الأخرى في انحاء العالم	82
24-3	مقارنة تراكيز مركبات PCBs (نانوغرام/غرام وزن جاف) في المياه والرواسب وانسجة الأسماك.	83

قائمة الاشكال

الرقم	العنوان	الصفحة
1-1	التركيب الكيميائي لثنائي الفينيل متعدد الكلور	11
2-1	مصادر مركبات PCBs في البيئة وطرق التعرض لها	16
3-1	التأثيرات الصحية الناتجة عن مركبات PCBs	18
4-1	العلاقة بين اضطراب عملية الايض في الأعضاء والانسجة المختلفة	21
5-2	خارطة توضح مواقع جمع العينات	29
6-3	التغيرات الفصلية والموقعيه لدرجة حرارة الهواء	46
7-3	التغيرات الفصلية والموقعيه لدرجة حرارة الماء	47
8-3	التغيرات الفصلية والموقعية للأس الهيدروجيني	48
9-3	التغيرات الفصلية والموقعية للملوحة	49
10-3	التغيرات الفصلية والموقعية للتوصيلية الكهربائية	50
11-3	التغيرات الفصلية والموقعية للمواد الصلبة الذائبة الكلية	51
12-3	معدل النسبة المئوية للكاربون العضوي TOC لمواقع الدراسة خلال فصلي الصيف والشتاء	52
13-3	النسبة المئوية لنسجه التربة في مواقع الدراسة خلال فصلي الصيف والشتاء	53
14-3	التغيرات الفصلية والموقعية لمعدل تراكيز مركبات PCBs (نانوغرام /غرام وزن جاف) في المياه	55
15-3	التغيرات الفصلية والموقعية لمعدل تراكيز مركبات PCBs (نانوغرام /غرام وزن جاف) في الرواسب	60

16-3	التغيرات الفصلية لمركبات PCBs السائدة في انسجة سمك الكارب *C.carpio*	64
17-3	التغيرات الفصلية لمركبات PCBs السائدة في انسجة سمك *L. abu*	67
18-3	التغيرات الفصلية لمركبات PCBs السائدة في انسجة سمك *B. xanthopterus*	70
19-3	التغيرات الفصلية لمركبات PCBs السائدة في انسجة سمك *A. vorax* خلال فصلي الصيف والشتاء	73
20-3	التغيرات الفصلية لمركبات PCBs السائدة في انسجة سمك *A. latus* خلال فصلي الصيف والشتاء	76

قائمة المخططات

الرقم	العنوان	الصفحة
1-2	تصميم الدراسة	35

قائمة الصور

الرقم	العنوان	الصفحة
1-2	محطة القاهرة	30
2-2	محطة الزيوت	31
3-2	محطة قلعة صالح	32
4-2	سمكة *Cyprinus carpio*	40
5-2	سمكة *Aspius vorax*	41
6-2	سمكة *Barbus xanthopterus*	42
7-2	سمكة *Acanthopagrus latus*	43
	سمكة *Liza abu*	44

قائمة الملاحق

الرقم	العنوان	الصفحة
1	تأثير الفصول والمواقع في صفة درجة حرارة الهواء والماء	109
2	تأثير الفصول والمواقع في صفة الاس الهيدروجيني والملوحة	109-110

3	تأثير الفصول والمواقع في صفة التوصيلية الكهربائية و المواد الصلبة الذائبة الكلية	110
4	تراكيز المركبات في المياه وتاثير الفصول والمواقع	111
5	تراكيز المركبات في الرسوبيات وتاثير الفصول والمواقع	111
6	النسبة المئوية للكاربون العضوي	111
7	تراكيز المركبات في*C.carpio* و*L.abu* و *B.xanthopagrus* و*A.vorax* و *A.latus* وتاثيرالفصول والمواقع	111-112
8	معامل الارتباط بين تراكيز مركبات PCBs في المياه والعوامل الفيزيائية والكيميائية	113
8	معامل الارتباط بين تراكيز مركبات PCBs في الرواسب والكاربون العضوي TOC.	113
9	كروماتوغرافيا جهاز GC-MASS لمركبات PCBs في الرواسب خلال الشتاء	114
10	كروماتوغرافيا جهاز GC-MASS لمركبات PCBs في الرواسب خلال الصيف	115
11	كروماتوغرافيا جهاز GC-MASS لمركبات PCBs في المياه خلال الشتاء	116
12	كروماتوغرافيا جهاز GC-MASS لمركبات PCBs في المياه خلال الصيف	117
13	كروماتوغرافيا جهاز GC-MASS لمركبات PCBs في انسجة سمك *Cyprinus carpio* خلال الشتاء	118
14	كروماتوغرافيا جهاز GC-MASS لمركبات PCBs في انسجة سمك *Liza abu* خلال الشتاء	119
15	كروماتوغرافيا مطياف الكتلة لمركبات PCBs في *B.xanthopagrus* خلال الشتاء	120
16	كروماتوغرافيا مطياف الكتلة لمركبات PCBs في *A.vorax* خلال الشتاء	121

17	كروماتوغرافيا مطياف الكتلة لمركبات PCBs في *A.latus* خلال الشتاء	122
18	كروماتوغرافيا مطياف الكتلة لمركبات PCBs في *C.carpio* و *L.abu* خلال الصيف.	123
19	كروماتوغرافيا مطياف الكتلة لمركبات PCBs في *B.xanthopagrus* و *A.vorax* و *A.latus* خلال الصيف	124

قائمة المختصرات

المختصر	المصطلح
ANOVA	Analysis Of Variance
CCME	Candian Cancil of Ministers of the Environment
DL	dioxin-like
EC	Electrical Conductivity
GABA	Gamma-aminobutyric acid
GC-MASS	Gas-Chromatography Mass Spectrometry
HMW	High Molecular Weight
IUPAC	International Union of Pure and Applied Chemistry
LMW	Low Molecular Weight
Meso2	methyl sulfonyl
NDL	non dioxin –like
OH	Hydroxyl
OSO3	Sulfates
PCBs	polychlorinated Biphenyls compounds
pH	Potential of Hydrogen
R	Correlation coefficient
ROS	realctive oxygen species
SPSS	Statistical package for social science
TDS	Total Dissolved Solids
TOC	Total Organic Carbon

United Stated Environmental Protection Agency	USEPA
U.S. Food and Drug Administration	USFDA
World Health Organization	WHO

الفصل الأول

المقدمة واستعراض المراجع

Introduction and Literature Review

1.1 المقدمة Introduction

يعد التلوث البيئي من اهم المشاكل التي تواجه العالم وتؤدي الى التأثير على جمالية المدن ورفاهية وصحة الانسان، وقد تزايدت الملوثات بمختلف انواعها مع النمو السكاني المفرط والتطور الصناعي والزراعي وما رافق ذلك من مخلفات كيميائية وفيزيائية وبيولوجية متنوعة ادت الى تدهور الأنظمة البيئية وحدوث اضرار كبيره على الكائنات الحية ومن ضمنها الانسان (مراد، 2022).

ويعرف التلوث البيئي بانه أي تغيير ضار في الخصائص الكيميائية والفيزيائية والبيولوجية للبيئة نتيجة دخول المواد غير المرغوبة بها مما يسبب تأثير سلبي مباشراوغيرمباشرعلى الاحياء والأنظمة البيئية المختلفة (Canipari *et al*., 2020)

تعد النظم البيئية المائية من أكثر النظم تأثراً بالملوثات المتنوعة واصبحت هذه النظم مستودعاً لأغلب الملوثات وخاصةً الملوثات الكيميائية السامة والمسرطنة التي تميل للتراكم في انسجة الاحياء المائية لتصل الى الانسان عن طريق السلسلة الغذائية (Akhbarizadeh *et al*., 2019; Suraifi *et al*., 2023)

تحمل مياه الانهار العديد من الملوثات العضوية وغير العضوية عن طريق مياه الصرف الصحي وجريان مياه الامطار والانسكابات النفطية وتصريف النفايات السائلة ، ومن هذه الملوثات التي تدخل المسطحات المائية وتشكل خطراً على صحة الانسان من خلال السلسلة الغذائية هي مركبات polychlorinated Biphenyls compounds (PCBs) التي تشكل مصدر قلق كبير وتهديد شديد لصحة الانسان اذ اكتسبت اهتماماً كبيراً لسميتها العالية وثباتها الكيميائي ومقاومتها للتحلل وتراكمها في الانسجة الدهنية ، تمتاز هذه المركبات بقلة ذوبانها في الماء مما يؤدي الى تعلقها بالرواسب (*Khaled-Khodja et al*., 2023)

قسمت هذه المركبات حسب منظمة الصحة العالمية (WHO,2005) الى مجموعتين رئيسيتين:

1- مركبات PCBs الشبيهة بالديوكسين PCBs dioxin-like (DL) والتي تتكون من 12 متجانس.
2- مركبات PCBs غير الشبيهة بالديوكسين PCBs non dioxin –like (NDL)

يمكن نقل هذه المركبات الى النظم البيئية المائية بصورة مباشرة او غير مباشرة كالتساقط من الجو بعد التطاير في الغلاف الجوي او الترسب من الأنظمة المحتوية عليها كمياه الصرف الصحي والصناعي وغيرها ، ونظراً لطبيعتها الكارهة للماء فأنها تتراكم في التربة والرواسب وترتبط بالجسيمات العالقة ومن ثم تترسب ويتم اعادة تعليق هذه الرواسب عن طريق امتزاز هذه المركبات نتيجة للعمليات الكيميائية والفيزيائية والبيولوجية ومن ثم تنتقل الى الاحياء القاعية والتي تصبح غذاء للمستويات الاعلى في السلسلة الغذائية المائية كالأسماك وبالتالي تصل للإنسان لذا فان المصدر الرئيسي لهذه المركبات يأتي من خلال الغذاء (Mikolajczyk *et al*., 2020)

وتعتبر هذه المركبات من المواد المسرطنة حيث تسبب اوراماً سرطانية في المخ والجلد وتؤثر على الجهاز العصبي والتناسلي والمناعي وايضاً تسبب اضطرابات الغدد الصماء والاضطرابات الجلدية مثل الطفح الجلدي وتهيج الانف والرئة (Zani *et al*., 2019) .

تشكل الرواسب مستودع لتجمع هذه الملوثات والتي تعاد مرة اخرى الى الجسم المائي بعد تحررها من الرواسب، مما يؤثر على خصائص المياه من خلال التفاعلات التي تحدث بين هذه المركبات والملوثات الاولية المتواجدة بالمياه فضلاً عن التأثيرات البيولوجية على الاحياء المائية (Lee *et al*., 2020 ; Wang *et al*., 2020)

تستخدم مركبات PCBs في المعدات الكهربائية والهيدروليكية ومواد البناء والاصباغ وتوجد بمستويات عالية في مناطق أعاده تدوير النفايات الإلكترونية وهذا ما يشكل خطراً على الانسان (Othman *et al*., 2022)

تعاني الأنظمة البيئية العراقية العديد من التغيرات ومن اهمها انخفاض منسوب المياه بشكل غير مسبوق وارتفاع مستوى التلوث الكيميائي والفيزيائي والبيولوجي مما يؤثر سلباً على نوعية المياه والاحياء المائية وبالتالي على صحة الانسان (Abbas *et al*., 2018 ; مطير، 2021).

ان التحاليل الكيميائية للمياه غير كافية لتقييم الملوثات واعطاء صورة واضحة عن تأثيرات التلوث على المياه في المستويات المختلفة (Pickering and Pottinger, 1995) .

الاسماك تتعرض بشكل دائم للملوثات والسموم البيئية لأنها تدور كميات كبيرة من المياه وبشكل مستمر لإنجاز عملية التنفس عبرالغلاصم كذلك فأنها تتعرض للتلوث عن طريق الجلد وتناول الغذاء الملوث (Scheuhammer *et al*., 2016).

تعد الاسماك من الوجبات الغذائية المهمة للإنسان بسبب قيمتها الغذائية العالية لكونها غنية بالمعادن والدهون والبروتينات وان الاستمرار في تناول الاسماك الملوثة بهذه المركبات يشكل خطراً كبيراً على صحة الانسان لكونه يحتل قمة السلسلة الغذائية (Marushka *et al*., 2021).

لهذا استخدمت الاسماك كمؤشرات حيوية لتدهور البيئة المائية لكي يسمح للإدارة البيئية بالتخفيف من الاثار السلبية المحتملة فضلاً عن ان انظمتها الأيضية لها بعض اوجه التشابه مع نُظمنا الأيضية (Rusni *et al*., 2022)

ولكون الاسماك تحتل موقعاً مهماً في السلسلة الغذائية وتقع في مستويات متقدمة منها ولها عمر طويل نسبياً وتحتوي على نسبة عالية من الدهون والبروتينات لذا تعد مؤشراً حيوياً مهماً لمعرفة مقدار تلوث المياه بهذه المركبات وعلامة تلوث ممتازة لأنها تتفاعل بمرونة قوية مع تغييرات بيئة المياه (Oros *et al*., 2023).

2.1. الهدف من الدراسة Aim of the study

نظراً لزيادة نسبة التلوث في المياه العراقية ولكون نهر دجلة يعتبر الشريان الحيوي المغذي للأنشطة المختلفة في محافظة ميسان ولقلة الدراسات المحلية الخاصة بمركبات PCBs فقد جرت هذه الدراسة لغرض استعمال الأسماك دلائل حيوية على التلوث بهذه المركبات من خلال مايلي:

1- قياس بعض العوامل البيئية لمياه ورواسب نهر دجلة .

2- تقدير محتوى الكاربون العضوي الكلي TOC في الرواسب ودراسة التوزيع الحجمي لدقائق الرواسب وعلاقتها بتراكيز مركبات PCBs.

3- دراسة التغيرات الفصلية والموقعية لمركبات PCBs من خلال تحديد تراكيزها في عينات المياه والرواسب وانسجة الكبد والعضلات والبيوض لخمسة أنواع من اسماك نهر دجلة.

1. 3. استعراض المراجع Literature review

1.3.1 تلوث المياه Water pollution

يعدّ الماء من اهم الموارد التي وهبها الله سبحانه وتعالى هدية للبشرية والكائنات الحية الاخرى ولكن هذا المورد المهم يتعرض الى اشكال مختلفة من التلوث و بطرق مختلفة مما يسبب تغير في خصائصه الفيزيائية والكيميائية بالشكل الذي يجعله يؤثر على صحة الانسان والكائنات الحية (Oraibi and Oudah, 2023) .

وتعد البيئة المائية من اهم مقومات استمرار الحياة على الارض لان الماء هو المصدر الرئيسي للأنشطة الاقتصادية، ولايمكن لأي نظام بيئي صحي متوازن ان يستمر دون الماء، والتلوث بأنواعه سواء بالغازات التي تسبب الأمطار الحامضية اوالتلوث بالنفايات السائلة فانه يؤدي الى تلوث المياه السطحية والجوفية (غنيمي ،2022).

لذا يعرف التلوث المائي بانه اي تغيير في الخصائص الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية للمياه وجعلها غير ملائمة للاستخدامات البشرية المتنوعة وذلك من خلال ادخال مواد غير مرغوبة بها الى الأنظمة البيئية المائية سواء من المصادر الطبيعية أم البشرية مما يؤدي الى حدوث خلل في مكونات تلك الأنظمة ومن ثمّ تؤثر سلباً على الاحياء المائية (Fang, 2019 ; مطير، 2021).

2.3.1. مصادر تلوث المياه Sources of water pollution

التدفق المستمر للمخلفات البشرية والناتجة من مصادر مختلفة لها تأثير سلبي خطير على الانسان ويسبب سلسلة من الاثار الضارة التي تؤدي الى خلل في توازن النظم البيئية النهرية وتتفاقم هذه المشاكل مع تغير المناخ وزيادة الجفاف (Jaiswal *et al*., 2023) .

يعاني العراق من مشكلة انخفاض منسوب مياه الانهار بسبب مشاريع الري وبناء السدود في دول الجوار (تركيا وإيران) والاثار السلبية الناتجة عن هذه المشاريع ، فضلاً عن مخلفات الحروب وغياب المراقبة والمتابعة من قبل الجهات المختصة كلها ساهمت ولا زالت تسهم في زيادة نسب التلوث في المياه المحلية (فاضل ،2022) .

تقسم مصادر تلوث المياه الى مصدرين رئيسيين هما المصادر النقطية او المحددة والمصادر غير النقطية او غيرالمحددة (Beyazit, 2020).

1- المصادر االنقطية Point Sources

هي الملوثات التي تصل الى المياه من مصدر واحد بصورة مباشرة ومعروفة، يمكن تحديدها بسهولة مثل النفايات الصناعية السائلة وتلك الناتجة من عمليات انتاج وتصفية النفط ومياه الصرف الصحي والتي تؤثر على المنطقة القريبة منها.

2- المصادر غير النقطية Non point Sources

وهي الملوثات التي تصل للمياه من مصادر متعددة غير معروفة، لا يمكن تحديدها بسهولة مثل جريان المبيدات والمخصبات من الحقول الزراعية والمياه المنجرفة من الطرق المعبدة وما تحمله من نفايات والتسرب النفطي وحوادث ناقلات النفط والسيول الناتجة عن الامطار الغزيرة.

3.3.1. أنواع الملوثات Types of pollution

تقسم الى ثلاثة أنواع حسب (Al-Maliki *et al*., 2021) :-

1- الملوثات الصناعية Industrial pollutants

وتشمل النفايات التي تلقى في المياه من مصانع الدباغة والمسالخ والاسمنت والزجاج والرصاص والزئبق والنحاس والنيكل والدهان والالبان والسكر.... الخ ، وتعتبر المخلفات الصناعية من أكثر مصادر التلوث في الانهار والبحار والبحيرات والمحيطات خطورة لأنها تحتوي على مواد كيميائية سامة مثل القواعد والاحماض والاصباغ والمنظفات والمعادن الثقيلة السامة وهذا يسبب تلوثاً شديداً للمياه ، فضلاً عن التلوث النفطي والتلوث الحراري الذي يسبب ارتفاع درجة حرارة مياه المسطحات المائية نتيجة دخول المياه الساخنة المستخدمة في تبريد المحركات في معامل الحديد والصلب ومحطات توليد الطاقة الكهربائية التي تعمل بالوقود النووي مما ينعكس سلباً على نوعية المياه والاحياء المائية التي تتعرض لهذه الملوثات الحرارية.

2- ملوثات الصرف الصحي Sewage pollutants

معظم البلدان التي لا تمتلك شبكات صرف متكاملة تقوم بتصريف مخلفات الصرف الصحي في الانهار مباشرةً من دون معالجه مسبقة لها مما يسبب مشاكل صحية خطيرة كونها تحتوي على كمية كبيرة من المواد العضوية واعداد هائلة من الاحياء المجهرية التي تستهلك كميات كبيرة من الاكسجين لاستخدامه في اليات اكسدة المواد العضوية مما يؤدي الى اختناق الكائنات المائية أو موتها بسبب النقص الحاد في تركيز الاكسجين الذائب في المياه.

3- الملوثات الزراعية Agricultural pollutants

في الآونة الأخيرة أزداد استخدام المبيدات والأسمدة الكيمياوية في الزراعة وانجراف هذه المواد مع التربة ومياه الامطار او استخدام طرق الري التقليدية او طرق البزل الخاطئة حيث تصل في النهاية الى المسطحات المائية مسببه لها تلوث كيميائي خطير، نواتج هذه المواد الكيميائية والأسمدة في المياه تسبب في زيادة تركيز الفوسفور والنترات والكلوريد بحيث تتجاوز الحدود المسموح بها لتسهم في النمو المفرط للطحالب والنباتات المائية التي تؤدي الى حدوث تغيرات كبيرة في نوعية المياه واضرار صحية واقتصادية وانتشار الامراض الجلدية وصعوبة معالجة المياه قبل تجهيزها الى الاحياء السكنية فضلاً عن تأثيرها على الاحياء المائية.

4.3.1 . الخصائص الفيزيائية والكيميائية Physical and chemical properties

تلعب الخصائص الفيزيائية والكيميائية للماء دوراً مهماً في تقييم جودة المياه وتؤثر على بقاء الاحياء المائية في المياه والرواسب وخاصة درجة الحرارة والاس الهيدروجيني والتوصيلية الكهربائية والملوحة والمواد الصلبة الذائبة الكلية وغيرها (صاكي والش، 2022).

1.4.3.1. درجة الحرارة Temperature

تتأثر جميع العوامل الكيميائية والفيزيائية والحياتية لمياه الانهار بدرجة الحرارة كذوبانية الغازات واللزوجة والكثافة والملوحة وغيرها (Zlatanović *et al*., 2017) ، تتغير درجة حرارة مياه الانهار من شهر الى اخر تبعاً لاختلاف درجة حرارة الهواء الملامس لها وحركة الرياح ودرجة امتصاص الضوء وكثافة المياه وتمتاز مياه الانهار بسعتها الحرارية العالية وتذبذب يومي واطئ مما يعطي للماء قدرة عالية على الاحتفاظ بحرارته رغم اختلاف درجة حرارة الهواء المحيط به، كما ان سرعة جريان المياه تجعل فترة بقاء الماء تحت اشعة الشمس قصيرة وبالتالي لا تعطيه فرصة كافية لاكتساب الحرارة (سعد، 2016) .

يؤدي ارتفاع درجة الحرارة الى انخفاض قيمة الاكسجين الذائب وزيادة تركيز الملوحة بسبب حدوث عملية التبخر، كما انها تؤثر على ذوبان الغازات كثاني اكسيد الكربون والاكسجين المذاب في الماء حيث تكون العلاقة بينهما عكسية (سواد ،2021) .

تؤثر درجة الحرارة ايضاً على الخصائص الأحيائية مثل نمو المناسل والأجنة وتوزيع الكائنات الحية المائية وخاصةً الاسماك ، حيث ترتبط الفعاليات الأيضية والتكاثر والهجرة بدرجة الحرارة وبما ان الاسماك هي كائنات متغيرة درجة الحرارة لذا تكون لديها قدرة تحمل ضعيفة ، فارتفاع درجة حرارة الماء تزيد من التنفس وبالتالي زيادة استهلاك الاكسجين والتمثيل الغذائي وهذا يسبب زيادة في الاجهاد وارتفاع معدل الوفيات للأحياء المائية (Ahn *et al.,* 2019).

2.4.3.1 . الاس الهيدروجيني Potential of Hydrogen (pH)

يدل الاس الهيدروجيني على نشاط وفعالية ايون في الماء وتتراوح قيمته في المياه الطبيعيه بين (9-4) ، يؤدي pH دوراً مهماً في التوازن الكيميائي والبيولوجي للمياه وهو العامل المؤثر على معظم التفاعلات التي تحدث في المياه (Verma *et al.,* 2021)، ويرتبط التغير بالأس الهيدروجيني بعدة عوامل منها درجة الحرارة وكربونات الكالسيوم ، ومياه الأنهار في العراق غالباً ما تمتاز بأس هيدروجيني متفاوت بدرجة بسيطة بفعل القابلية التنظيمية للمياه بسبب محتواها من الكربونات والبيكربونات اي انها تقع ضمن الاتجاه القاعدي وهذه صفة مميزة للمياه الداخلية العراقية (حمادي ،2020) ، وبسبب تعرض المياه للملوثات يحدث تغير في قيمة الاس الهيدروجيني فعندما تنخفض قيمة الاس الهيدروجيني فان ذلك له تأثيرات على الرواسب والنباتات وزيادة مستويات السمية لبعض المواد مثل الالمنيوم والمنغنيز وانخفاض CO_2 فيؤثر بصورة عكسية على الدالة الحامضية حيث ان نقصانه في المياه يؤدي الى استنفاذ أيون الهيدروجين وعندما ترتفع قيمة الأس الهيدروجيني فيؤدي ذلك الى انخفاض أيون الكبريتات والحديد وانخفاض توفر الفوسفات وأن اي تغيير في الأس الهيدروجيني عن الحدود الطبيعية يؤثر بصورة سلبية على نمو وتطور الاحياء المائية (اللهيبي ،2021) .

3.4.3.1 . التوصيلية الكهربائية Electrical Conductivity (EC)

يقصد بها قابلية الماء على حمل التيار الكهربائي والتي تعتمد على تركيز وتكافؤ الايونات الذائبة في المياه ودرجة حرارة المياه اثناء القياس لأنها تؤثر على حركة واتجاه الايونات المختلفة حيث تزداد سرعة الايونات بزيادة درجة الحرارة وبالتالي تزداد التوصيلية (Krishna Kumar *et al*., 2015).

تتغير قيمة التوصيلية تبعاً للتراكيز المختلفة من المواد الصلبة الذائبة الكلية والتي تدخل المياه اما عن طريق تفتيت الصخور او تصريف مياه البزل التي تنجرف من الاراضي الزراعية الى المسطحات المائية، تشير القيم العالية للتوصيلية على وجود المواد الملوثة المذابة في المياه وكلما كان تركيز المواد الصلبة الذائبة في الماء اكبر كلما كانت قابلية التوصيلية اكبر، ومعظم القواعد والحوامض والاملاح اللاعضوية الذائبة في الماء هي تعتبر موصلات جيدة للتيار الكهربائي لقدرتها على تأين الماء، والتوصيلية هي مؤشر جيد للأملاح الذائبة في الماء ويستفاد منها لتحديد نقاوة المياه (Liu *et al*., 2023).

4.4.3.1. الملوحة Salinity

تعد الملوحة من اهم العوامل التي تؤثر على المجتمعات الأحيائية المائية ، وتتفاوت تراكيز الملوحة بين الارتفاع والانخفاض تبعاً لاختلاف مصادر التلوث والمناخ وارتفاع وانخفاض مناسيب المياه بين المواسم المختلفة وارتفاع درجات الحرارة التي تزيد من عمليات التبخر(Bal *et al*., 2021)، وايضاً زيادة مخلفات الزراعة كالأسمدة والمبيدات وزيادة عمليات الخلط بواسطة الامواج بين طبقات المياه السفلى والعليا وزيادة مشاريع الخزن التي ينتج عنها قلة تصاريف المياه وبالتالي زيادة تراكيز الاملاح في تلك المياه مما يؤدي الى اختفاء بعض الانواع النباتية وبالتالي يؤثر على الاحياء المائية (سواد، 2021).

5.4.3.1. المواد الصلبة الذائبة الكلية Total Dissolved Solids (TDS)

وهي مجموع تركيز المواد الصلبة الذائبة في المياه التي تعتبر من المعايير النوعية للمياه لأنها تحدد التراكيز الكلية للأيونات الموجبة كالمغنيسيوم والبوتاسيوم والكالسيوم والصوديوم والايونات السالبة كالكربونات والكبريتات والنترات والكلوريد، تختلف نسبة المواد الصلبة الذائبة في مياه الانهار خلال مواسم السنة حيث غالباًما تنخفض قيمتها خلال فترة سقوط الامطار وتزداد عند ارتفاع درجات الحرارة وزيادة التبخر اي خلال فترة الجفاف (Roșca *et al.,* 2020 ;Butler and Ford 2018)، وقد يعزى التفاوت في تراكيزها تبعاً لتفاوت قابلية ذوبان بعض المعادن، وهي تصل الى المياه من مصادر بشرية كتصريف مياه الاراضي الزراعية ومياه المجاري والمخلفات الصناعية او من المصادر الطبيعية مثل مياه الامطار الجارية فوق الارض الغنية بالمحتوى الملحي والعوامل الجيولوجية الطبيعية (الجميلي واحمد ،2018).

6.4.3.1. الكربون العضوي الكلي Total Organic Carbon (TOC)

وهو كمية المادة العضوية المتبقية بعد التحلل وتتأثر قيمته بعدة عوامل منها الإنتاجية الأولية وكميات الفتات العضوي ومعدل الترسيب الناتج من تفسخ الاحياء بعد موتها بواسطة المحللات، كما يرتبط مع العديد من العناصر مثل النيتروجين والهيدروجين، ويلعب الكاربون العضوي دروا مهماً في الحفاظ على النظام البيئي الحي عن طريق تحديد احتمالية حدوث الاكسدة والاختزال في الرسوبيات والتي تساهم في تنظيم المكونات الأخرى كالمعادن مثلاً (AL-Hasani *et al*.,2024).

تشير الدراسات الحديثة الى ان زيادة النشاطات البشرية وزيادة طرح المغذيات التي تحملها تزيد من كمية الكربون العضوي في الرسوبيات، وزيادة TOC تؤدي الى ترسب حامض التنتاليك فيظهر الماء بلون شفاف مخضر(Choudhary *et al*., 2010) .

7.4.3.1. التحليل الحجمي لحبيبات الرسوبيات Size analysis of sediment grains

نسجة التربة خاصية مهمة تتحكم في معظم العمليات الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية للتربة وكذلك تؤثر على قدرة التربة للاحتفاظ بالمياه والقدرة الحرارية للتربة والنفاذية وحركة المواد المذابة المرتبطة بتطبيقات المناخ والتحكم في تلوث التربة والاستدامة الزراعية واستدامة النظام البيئي (Dongli *et al.,* 2017). ونقصد بها طبيعة واحجام وصفات حبيبات الرسوبيات المختلفة اي خليط الرمل والغرين والطين والجسيمات العالقة الأخرى، تنشأ الرسوبيات Sediments بفعل مجموعة من العمليات الطبيعية مثل العواصف والرياح والأنشطة البشرية والاضطرابات الاحيائية ، وتعتبر اليابسة هي المصدر الرئيسي للرواسب في المسطحات المائية التي تكون ناتجه من المواد الفتاتية والمعدنية التي تتحول بمرور الوقت بفعل العمليات الفيزيائية الى صخور رسوبية وهي المصدر الرئيسي للملوثات في المياه حيث معظم الملوثات الكارهة للماء تتعلق بالرسوبيات (Abdulkarim *et al*., 2021). تفضل بعض النباتات المائية الرواسب الغرينية لكونها ملائمة لنموها بينما البعض الاخر يفضل النمو في الرواسب الرملية والطينية ، يزداد المحتوى الطيني في نسيج التربة من جراء عمليات التجوية الفيزيائية والكيميائية التي تحركها المياه والحرارة وعمليات التأكل التي تحركها الرياح ، اما عمليات الترسيب والتأكل والنقل التي تحركها الرياح والتضاريس والمياه فأنها تكون الاساس في زيادة محتوى الطمئ لنسيج التربة (Liu *et al*., 2020).

نسيج التربة ذو اهمية في تنظيم ووفرة وتوزيع ميكروبات التربة كالبكتيريا والفطريات، يرتبط نسيج التربة بتوزيع المسام ذات الاشكال المختلفة والمواد الكيميائية التي تساعد على التصاق جزيئات المعادن حيث ان نسيج التربة الخشن يكون ذي مسام كبيرة ويكون اقل حماية ويتميز بقلة التغذية كالرمل اذ يكون بيئة ملائمة للفطريات، اما التنوع البكتيري فيكون اكبر في اجزاء الطمئ والطين منه في الرمل بسبب توفر المغذيات العالية المرتبطة بالجسيمات الدقيقة (Xia *et al*., 2020) .

5.3.1 مركبات ثنائي الفينيل Polychlorinated Biphenyl compounds

مركبات ثنائي الفينيل متعدد الكلور مواد كيميائية مستقرة بيئياً وتمتاز بسميتها العالية حيث انها تتراكم في الأنسجة الدهنية للكائنات الحية وتنتشر في المياه السطحية والجوفية وتعتبر من المواد المسرطنة، تنتج عن الأنشطة البشرية (المواد الكيميائية الزراعية) والأنشطة الصناعية مثل (انتاج الدهانات الحرارية والمذيبات المكلورة) (Vasseghian *et al.*, 2021) .

وقد سميت مركبات ثنائي الفينيل متعدد الكلور بالشبيهة بالديوكسين لأنها تمتلك خصائص فيزيائية وكيميائية وسمية مشابهه لتلك الخاصة بالديوكسينات، بمجرد دخول هذه المركبات الى البيئة المائية فأنها تتعلق في الرواسب عن طريق الارتباط بالمادة العضوية والعوالق النباتية الملتصقة بالرواسب ومن ثم تنتقل الى الاسماك لتصل في النهاية للإنسان عن طريق السلسلة الغذائية وبسبب محبتها للدهون فأنها تميل للتراكم في أنسجته الدهنية مما يؤدي الى عواقب صحية ضارة (Haarmann-Stemmann and Abel, 2006;Montano *et al*., 2022a)

ويمكن تقسيم متجانسات هذه المركبات الى مركبات PCBs عالية الكلور التي تحتوي على أكثر من أربع ذرات كلور ومنخفضة الكلور التي تحتوي على اربعة او اقل من بدائل الكلور، اهم مسارات التعرض لهذه المركبات هي الابتلاع الذي يكون اما ابتلاع متعمد اي استخدام المياه للشرب او تناول الاحياء المائية الملوثة كالأسماك او قد يتم بالابتلاع العرضي اي اثناء السباحة والتلامس الجلدي، لكن نسبة هذه المركبات في المياه اقل مما في الرواسب والاسماك لكونها تمتاز بقلة ذوبانها في الماء (Audy *et al*., 2018).

وتُعد مركبات ثنائي الفينيل متعدد الكلور ملوثات عضوية ثابتة سامة اذا تواجدت في مياه الشرب (Cui *et al*., 2020a) ، يتم التعرض لهذه المركبات عن طريق تناول الأطعمة الملوثة والغنية بالدهون مثل منتجات الالبان والبيض والاسماك وايضاً يمكن التعرض لها عن طريق الاستنشاق وملامسة الجلد (Idowu *et al*., 2023)

بدأ الانتاج التجاري لهذه المركبات عام 1929 حيث استخدمت بشكل رئيسي في المعدات الكهربائية والهيدروليكية ومواد البناء وتم حظر انتاجها في الولايات المتحدة عام 1979 وفي السويد عام 1972 وعلى المستوى الدولي عام 2001 الى 2004 بسبب المخاوف الصحية والاثار الضارة على الانسان والنظم البيئية (Othman *et al*., 2022) .

وعلى الرغم من حظر الانتاج في بعض البلدان فأن مخاطرها لا تزال تشكل تهديداً بسبب ثباتها البيئي وتراكمها الحيوي وحتى الان لا يزال يتم إطلاق هذه المركبات ببطء وبشكل مستمر من خلال المنتجات التي تم تصنيعها قبل الحظر(Spiegelhoff *et al.*, 2023;Klocke and Lein, 2020) .

وقد تم التخلص من ثلاثة ملايين طن من منتجات هذه المركبات عام 2015 ولكن 80% من هذه المركبات لا يزال في البيئة اي بحدود 17 مليون طن (Von Gontard and Equit,2015) ، وللقضاء على

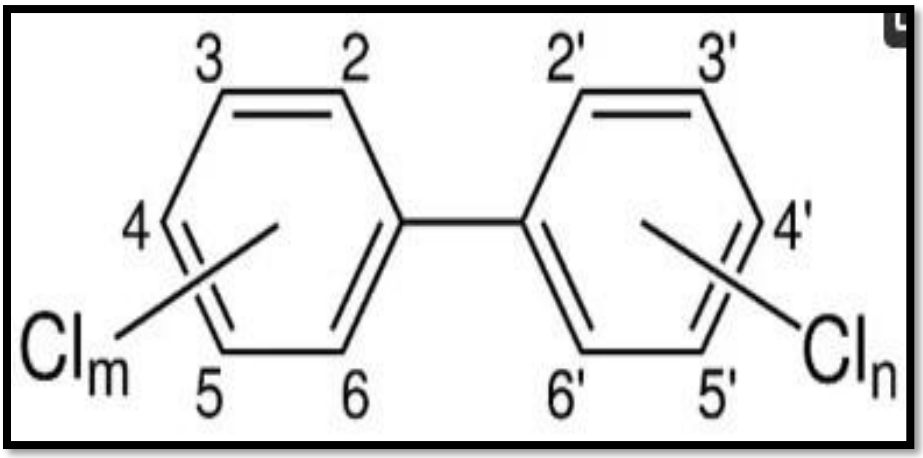
المنتجات الحاوية على هذه المركبات بحلول عام 2028 وبطريقة بيئية سليمة تم انشاء اتفاقية ستوكهولم Stockholm من قبل برنامج الامم المتحدة للبيئة في مايو عام 2001 (Othman *et al*., 2022) .

6.3.1. التركيب الكيميائي لمركبات ثنائي الفينيل Chemical composition of PCBs

توجد 209 من هذه المركبات التي تسمى بالمتجانسات والتي صنفت بناءاً على بنيتها الى الشبيهة بالديوكسين وغير الشبيهة بالديوكسينات (Montano *et al*., 2022b). تتكون من مجموعه من المواد الكيميائية العطرية الاصطناعية صيغتها الكيميائية $C_{12}H_xCl_y$ حيث $x+y=10$ وتكون من (1-10) وهي تختلف حسب ذرات الهيدروجين المستبدلة بذرات الكلور وموقعها على حلقات ثنائي الفينيل ، وهذا التباين في الجزيء يحدد الخواص الفيزيائية والكيميائية والسمية كما في (الشكل 1) (Markiewicz *et al*., 2017) .

تسمى هذه المركبات بالعشرات القذرة بموجب اتفاقية ستوكهولم وهي تثير قلقاً عالمياً بسبب انتقالها لمسافات طويلة في الغلاف الجوي والماء وثباتها الكيميائي والتراكم الحيوي والتضخم البيولوجي لها في السلسلة الغذائية (Saktrakulkla *et al*., 2020) .

يتم ازالة هذه المركبات من الجسم وتحويلها بيولوجياً عن طريق تنشيط نظام Cytochrome P_{450} وبالتالي تحويلها الى مشتقات قابلة للذوبان في الماء (Kania-Korwel and Lehmler, 2016) .



شكل (1) : التركيب الكيميائي لمركبات ثنائي الفينيل متعدد الكلور (Othman *et al*., 2022)

7.3.1. مصادر مركبات ثنائي الفينيل متعدد الكلور Sources of PCBs

لا تزال هذه المركبات قادرة على دخول البيئة على الرغم من حظر انتاجها وذلك من خلال مواقع النفايات الخطرة سيئة الصيانة وغير القانونية ومن التسربات عن طريق الأجهزة الكهربائية المختلفة التي تحتوي على هذه المركبات ، وايضاً توليدها كمنتجات ثانوية للأصباغ (Klocke and Lein, 2020; Oros *et al*., 2023)

ونتيجة لعمليات التصنيع المتزايدة في السنوات الأخيرة ازداد انبعاث هذه المركبات حيث يتم استعمالها على نطاق واسع في المكثفات وطلاء المحولات ومواد التشحيم نتيجة لثباتها الحراري الممتاز وخصائصها العازلة (Han *et al*., 2023).

لوحظ ان مركبات PCBs - 114 تستخدم كمواد مضافة للطلاء بينما مركبات PCBs -126 تدخل في صناعة الاصباغ والدهانات وبالتالي فأنها تترسب الى المياه مع الفضلات الصناعية السائلة (Qu *et al*., 2022)

كما اكتشفت مركبات PCBs 206 في مصانع انتاج ثنائي أكسيد التيتانيوم ورابع كلوريد التيتانيوم وهذه المركبات تستخدم في المعدات الكهربائية لاستقرارها الكيميائي ، كما استخدمت على نطاق واسع كمواد مضافة في سوائل التبادل الحراري وذلك لمقاومتها للحرارة وفي صناعة البلاستيك والمحولات والمكثفات الكبيرة وكان ذلك قبل فحص ثباتها وسميتها (Habibullah-Al-Mamun *et al*., 2019) ، تنتقل هذه المركبات عبر مسافات طويلة عن طريق الجريان السطحي في رواسب الانهار المختلفة بغض النظر عن مصدرها (Qu *et al*., 2019) ، ان المصادر والطرق المحتملة للملوثات لا تزال بحاجة الى دراسة متعمقة لاستكشاف مصادر التلوث بهذه المركبات (Shi *et al*., 2022) .

8.3.1. الاسماء التجارية لمركبات ثنائي الفينيل متعدد الكلور Trade names of PCBs

يتم انتاج مركبات PCBs في الولايات المتحدة تحت الاسم التجاري Aroclor وهي تتكون من خليط من حوالي 140الى150 من متجانسات PCBs مع درجات مختلفة من الكلورة وتوجد تحت اسماء تجارية مختلفة مثل Aroclor , Clophen ,Phenoclor, Kaneclor Sovol, في اجزاء اخرى من العالم (Hannah *et al*., 2022) ، يتبعها عدد مكون من اربعة ارقام الرقمين الاولى 10 او 12 مثل 1016 Aroclor او 1254 Aroclor حيث رقم 10 يشير الى التقطير ورقم 12 فيشير الى Aroclor عادي بينما الرقمان 16و54 يشيران الى نسبه الكلور في الخليط بالوزن فمثلاً 1260 Aroclor يشير الى انه Aroclor عادي ويحتوي60 % من الكلور بينما 1254 Aroclor فيشير الى انه Aroclor عادي ويحتوي 54% من الكلور من حيث الوزن، ويستخدم 1242 Aroclor في القواطع الكهربائية ويحتوي 42% كلور بينما يستخدم 1260 Aroclor في المحاولات الكهربائية نظراً لاستقراريتة العالية ويحتوي 60 % كلور (Annex,2014).

يمكن تسمية مستقبلات PCBs بناءاً على تركيب ثنائي الفينيل متعدد الكلور او ترقيمها في الاصل بواسطة Ballschmiter *el al*. (1993) حيث يقوم هذا النظام بتعيين المتجانسات بتسلسل رقمي تصاعدي

على وفق حالة الكلورة فتبدأ بمركبات PCBs احادية الكلور وانتهاءاً بالمتجانس الوحيد منزوع الكلور، ووفقاً للاتحاد الدولي للكيمياء البحثية والتطبيقية IUPAC فانه ليس من الممكن استخلاص التسمية من الاسم الصحيح للمستقلب ولكن يمكن استخلاص ارشادات قصيرة لاختصارات المستقلبات الهيدروكسيلية والمثيل سلفونيل والكبريتات وحمض الجلوكورونيك كما يمكن ان يشتق من نظام التسمية المقترح لمركبات - PCBs OH و PCBs- Meso2 .

1- تحديد رقم Ballschmiter لمركبات PCBs وملاحظة اي من حلقتي الفينيل تحمل مواضع الكلور المجهزة. 2- تعطى المجموعة الوظيفية الهيدروكسيل OH والمثيل سلفونيل Meso2 والكبريتات OSO3 رقم معبأ او غير معبأ بالاعتماد على الموضع التي ترتبط فيه بثنائي الفينيل، كما موضح في الجدول (1) (Grimm *et al*., 2015).

جدول (1) الأسماء التجارية الرئيسية لمركبات PCBs (Annex,2014)

United States of America	Germany	Russia
Aroclor	ASK	Santoterm
Aroclor1221 (t,c)	Askarel (t,c)	Santovac
Aroclor1232 (t,c)	Bakola (t,c)	Siclonyl (c)
Aroclor1242 (t,c)	Auxol	Solvol (t,c)
Aroclor1254 (t,c)	Biclor (c)	Soval
Aroclor1260 (t,c)	Clophen (t,c)	Sorol
Aroclor1262 (t,c)	Clophen-A30	Sovol
Aroclor1268 (t,c)	Clophen-A50	Solvol
Areclor (t)	Clophen-A60	France
Diaclor (t,c)	Clophen Apirorlio	Pheneclor
Hivar (c)	Clorphen (t)	Phenoclor (t,c)
Hydol (t,c)	Chorextol	Pheaoclor
Hydrol	Dyknol	Phenoclor DP6
Hyvol	EEC-18	Plastivar
Hivar	Cloresil	Pydraul
Inclor	Japan	Pyralene (t,c
Pyrochlor	Kanechlor(KC)(t,c)	Pyraclor
Pyranol (t,c)	Kaneclor	Orophene
Montar	Kaneclor 400	Non-Flamol
Nepolin	Kaneclor 500	Polychlorobiphenyl
Niren	Keneclor	Poland
No-Famol (t,c)	Kennechlor	Chlorextol (t)
Inerteen (t,c)	Santotherm (Japan)	Chlorinol
Pyroclor (t)	Santosol	Tarnol
Saft-Kuhl	Italy	Chlorofin
Saf-T-Kuhl (t,c)	Aceclor (t)	Chlorofen
Saf-T-Kohl	Adkarel	Chlorobiphenyl
Safe-T-Kohl	ALC	Chlorinated biphenyl
Ducanol	Apirolio (t,c)	Chlorinated diphenyl
Duconol (c)	Abestol (t,c)	Slovakia
Dykanol (t,c)	Eucarel	Delor
Electrophenyl T-60	Euracel	Delorit
Elemex (t,c)	Fenchlor (t,c)	Delofet
Leromoll	Disconon (c)	Delorene
Magvar	Dicolor	Delotherm
MCS 1489	Diconal	Decachlorodiphenyl

T= transformer C= capacitor

9.3.1. تعرض الانسان لمركبات Human exposure to PCBs

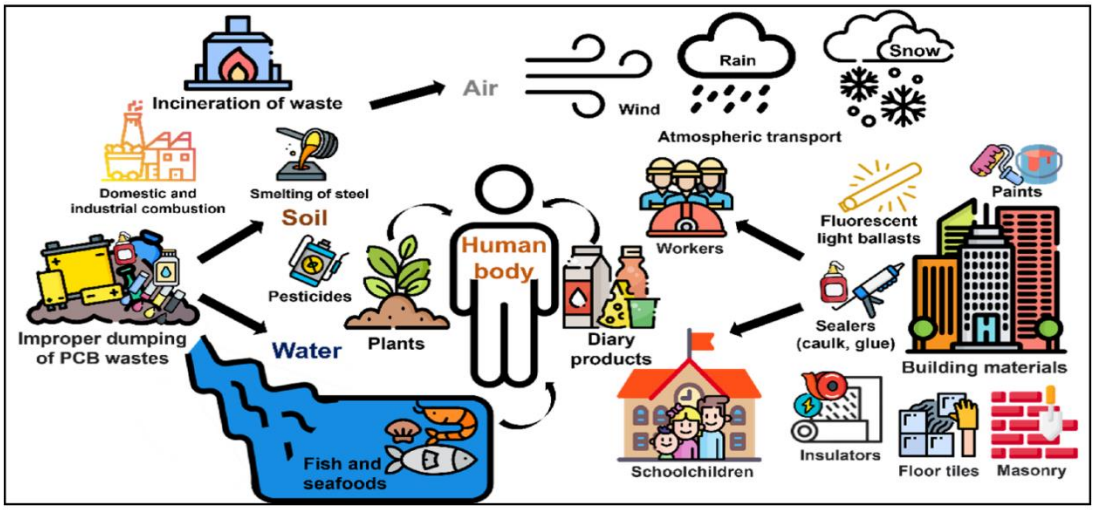
أدت الأنشطة الصناعية والزراعية المختلفة الى تلوث الماء والهواء والتربة بمركبات PCBs ويمكن ان يتعرض الانسان لهذه المركبات بعدة طرق وهي : -

(1) النظام الغذائي وخاصه استهلاك الأحياء المائية كالأسماك والطيور الملوثة والأغذية الغنية بالدهون كالبيض ومنتجات الالبان الملوثة (Saktrakulkla *et al*., 2020)، الأشخاص الذين يستهلكون كميات كبيرة من الاسماك الملوثة تكون لديهم مستويات عالية من PCBs في الدم اعلى مرتين من تلك الموجودة لدى غيرهم ، لوحظ ان تلوث الأغذية من منتجات الالبان والحليب في البلدان الأوروبية هو ناتج عن تعرض الحيوانات المنتجة للغذاء مثل حيوانات المزارع لمركبات PCBs من خلال العلف حيث يتم استخدام مادة مضافة وملوثة بمركبات PCBs تستخدم في الدهون المعاد تدويرها لإنتاج الاعلاف، كما ان زيت الوقود المستخدم في تجفيف فتات الخبز كعلف للماشية يحتوي على مستويات عالية من PCBs ، وهذا له عواقب اقتصادية خطيرة يمكن تخفيفها من خلال الرقابة الشديدة على الأغذية والاعلاف (Malisch ,2017). وبالتالي تتراكم هذه المركبات بسهوله في الأنسجة الدهنية للحيوانات ومنها الى الانسان عن طريق السلسلة الغذائية (Mikolajczyk *et al*., 2020).

(2) الاستنشاق والتلامس الجلدي للأسطح الملوثة، حيث يمكن ان تتفاعل هذه المركبات في طبقة التربوسفير ومع وجود الجذور وOH في الغلاف الجوي مما يؤدي الى تكوين PCBs-OH ، وايضاً عبر استخدام اجهزة الإضاءة الفلورية والأجهزة الكهربائية مثل اجهزة التلفزيون والثلاجات التي يعود تاريخ تصنيعها الى أكثر من 30 عاماً مضت، حيث تسبب هذه الأجهزة تسرب كميات من PCBs الى الهواء عند سخونتها اثناء التشغيل (Hombrecher *et al.,* 2021).

التعرض لهذه المركبات يختلف بين البشر تبعاً لنمط الحياة والبيئة المعيشية والعادات الغذائية فالسكان الذين يعيشون في بيئة شديدة التلوث بمركبات PCBs يمتلكون تركيزات مصليه اعلى مقارنةً بسكان مجتمع اقل تلوثاً وهناك 64 من مركبات PCBs التي يتم اكتشافها لها علاقة بالجنس والعمر ومجتمع الإقامة والعرق ومؤشر كتلة الجسم وتاريخ الرضاعة الطبيعية كما في الشكل (2) (Undeman *et al*., 2018).

حيث بين Koh *et al*. (2016) من خلال دراسة اجراها بان الاطفال الرضع الذين يتناولون حليب الام كمصدر غذائي رئيسي يتعرضون لكميات أكبر من PCBs في حين المستويات اقل في عينات الدم المفحوصة لدى الأمهات.



شكل (2) : مصادر مركبات PCBs في البيئة وطرق التعرض لها (Montano *et al*., 2022a).

10.3.1. التأثيرات الصحية Health effects of PCBs

هناك العديد من الدراسات التي بينت الاضرار الصحية الناجمة عن التعرض لهذه المركبات فقد اشار Oregel-Zamudio *et al*. (2021) الى ان الاشخاص العاملين في الورش الإلكترونية لتصليح الأجهزة في نيجيريا يتعرضون الى العديد من الاورام السرطانية فضلاً عن الاضرار في الجهاز العصبي والتناسلي والمناعي وجهاز الدوران واضطرابات الغدد الصماء وخاصةً غدة البنكرياس والغده الدرقية.

بين Raffetti *et al*. (2020a) الى وجود علاقة بين هذه المركبات وظهور مرض الخرف ومرض الباركنسون وذلك من خلال الدراسة التي اجريت في شمال ايطاليا لمنطقة شديدة التلوث بهذه المركبات.

كما اوضحت دراسات اخرى العلاقة بين ارتفاع مستويات مركبات PCBs بالدم وانخفاض مستوى الادراك لدى الاطفال (Panesar *et al*., 2020) ، كما يمكن أن تشكل هذه المركبات خطراً لشاغلي المباني والعاملين فيها نتيجة لكونها محبة للدهون فيتم امتصاصها عند ملامسة الجلد للأسطح الملوثة وهذا ما يسمى بالتعرض المهني للعمال الذين يعملون في محطات اعادة تدوير المكثفات او النفايات (Megson *et al*., 2015)

بينت التجارب التي اجريت على الحيوانات ان التعرض لمركبات PCBs يسبب تأثيرات سلوكية مشابهة لتلك التي تحدث في البشر حيث ان المواد الكيميائية السامة تؤثر على مستقبلات الهرمونات لذلك فان الاضطرابات التي تسببها هذه المركبات السامة المعززة للأكسدة تؤدي الى تغيير الدوائر العصبية المتشكلة اثناء تطور الدماغ النامي الذي يكون حساس للهرمونات الداخلية (Gore *et al*., 2019) .

أوضح Pessah *et al*. (2019) أن التأثيرات العصبية المرتبطة بالتعرض لهذه المركبات ترجع الى مركبات PCBs غير الشبيهة بالديوكسين و PCBs منخفضة الكلور وذلك في دراسة علامات خطر التوحد عند الاطفال حيث أن خطر الإصابة بالتوحد يرجع للتعرض قبل الولادة لهذه المركبات من قبل الحوامل

وبمرور الوقت تتراكم هذه المركبات في السائل الجريبي الذي يحيط الجنين وايضاً تتراكم في مصل الدم وقد تم اكتشاف العديد من متجانسات PCBs في مصل النساء الحوامل.

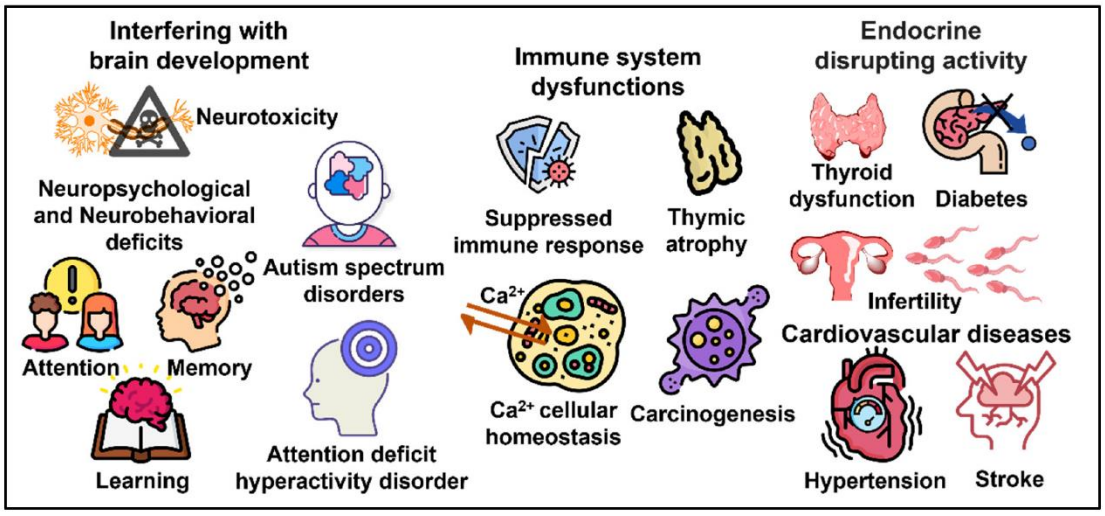
تسبب المركبات الشبيهة بالديوكسين انخفاض في نتائج الحمل بالنسبة للأخصاب المختبري مثل الحمل السريري والانغراس والولادات الحية (Paul *et al*., 2022) .

وهناك دراسات تثبت التأثيرات التناسلية لهذه المركبات، كذلك لوحظ ان هناك انخفاض في خصوبة الرجال في العديد من الدول الصناعية الملوثة بهذه المركبات فضلاً عن ذلك أظهرت الدراسات حصول نفس التأثيرات على ذكور الحيوانات (Klenov *et al*., 2021).

كما ان هناك دراسات اخرى اشارت الى وجود هذه المركبات في انسجة المخ بعد الوفاة وان تركيز هذه المركبات في انسجة المخ قد يغير من نظام الدوبامين (Raffetti *et al*., 2020b) .

ووفق الدراسات التي اجريت في اوكرانيا لتوضيح خطر هذه المركبات على صحة الانسان والبيئة التي اشارت الى ان الاستجابات السمية للمركبات هي تضخم الكبد وضمور الغده الزعترية وفقدان وزن الجسم وتغيرات في مستوى هرمون الغده الدرقية والسمية الجينية والتسرطن والاثار المثبطة للمناعة وضعف الانجاب وضعف الاعصاب واوضحت هذه الدراسة ان أفضل طريقة للتخلص من هذه المركبات ليس تدميرها فقط بل يجب ان لا تؤدي الى تكوين مركبات سامة جديدة (Ryzhenko *et al*., 2020).

بينت دراسة Hombrecher *et al.(* 2022) بان مركبات PCBs تتراكم في المحاصيل الغذائية المزروعة بالقرب من مواقع انتاج مطاط السيليكون وتقييم المخاطر الصحية على اساس المبدأ الوقائي على افتراض ان المشكلة موجودة في اجزاء اخرى من العالم، وبينت التأثيرات العصبية والمناعية لمركب-PCB 47، حيث اوضحت التجارب الحيوانية المختلفة والاختبارات المختبرية تفاعلات PCB-47 مع النواقل العصبية كالأستيل كولين والدوبامين و Gamma-aminobutyric acid GABA وحدوث ضعف سلامة غشاء الخلايا العصبية مما يوضح التأثيرات السمية العصبية اما التأثيرات المناعية اظهرت انخفاض في اوزان المواليد ، وهناك علاقة سلبية بين مستويات PCB-47 في السائل الجريبي ومعدل الحمل وعدد الأجنة المحفوظة بالتبريد في حال التلقيح الصناعي ونقل الأجنة، وفي التأثيرات الخلوية اظهرت نتائج سلبية وامكانية تعزيز الورم في الفحوصات القصيرة المدى، وخلال دراسة اجريت على افراد اصحاء في منتصف العمر يعيشون في بيئة شديدة التلوث بمركبات PCB180,PCB153,PCB138 تسبب زيادة خطر الإصابة بارتفاع ضغط الدم واضطراب الغدد الصماء (Raffetti *et al*., 2020b) كما في (الشكل3).



شكل (3) : التاثيرات الصحية الناتجة عن مركبات PCBs (Montano *et al*., 2022a)

11.3.1. التأثيرات البيئية Environmental effects

أدى الاستخدام الواسع لمركبات PCBs في مختلف التطبيقات التجارية والصناعية بالإضافة الى التخلص غير الصحيح منها وانبعاثها من المكثفات والمحولات والنفايات الى حدوث تلوث بيئي شديد وانتشارها في كافة الأوساط البيئية (ماء وهواء وتربه ورواسب وكائنات حيه) وعلى الرغم من حظر انتاجها الا انه لا تزال موجودة بسبب ثباتها لسنوات حيث تؤثر سلباً على المجتمعات الأحيائية من خلال التراكم الحيوي (Reddy *et al*., 2019) .

توجد هذه المركبات بطورين في الغلاف الجوي هما الطور الغازي وطور الجسيمات، مركبات الطور الغازي تنتقل الى مسافات ابعد من المركبات المرتبطة بالجسيمات بالاعتماد على عدد ذرات الكلور الموجودة فيها (Hamlin and Guillette, 2011). حيث ان توزيع مركبات PCBs في البيئة يلعب دوراً مهماً في تغيير نوعية الهواء المتعرض لهذه المركبات، بعد تبخرها من التربة والمياه تترسب مع الامطار مما يؤدي الى اختلاف تراكيزها في الاوساط البيئية (Cao *et al*., 2019) .

ومعظم الكائنات الحية التي تم فحصها خاصةً الحيوانات اظهرت تراكم مركبات PCBs في الكبد والعضلات وبالتالي زيادة نضح الدم في الكبد وكبر حجم العضلات نسبياً (Petri *et al*., 2022) .

كما لوحظ ان مستويات هذه المركبات في المدن الكبرى والصناعية اعلى مما في المناطق الريفية والنائية، حتى في حالة التراكيز المنخفضة لهذه المركبات فأنها تشكل خطراً على البيئة من الناحية الاجتماعية والاقتصادية وتهدد حياة الكائنات المائية والبرية (Zhu *et al*., 2022).

الحدود المسموح بها وفقاً لمنظمة الغذاء والدواء الأمريكية USFDA بالنسبة للأسماك والأغذية هي 2000 نانوغرام /غرام (USFDA, 2001). وفي المياه بحسب وكالة حماية البيئة الأمريكية 500 نانوغرام /لتر (USEPA, 2009) وفي التربة 1000 ميكروغرام / كيلوغرام (Leung *et al*.,2006).

والرواسب 1300 ميكروغرام / كيلوغرام (CCME, 2003). وهذه الحدود المسموح بها تختلف من دولة لأخرى ولا توجد حدود لهذه المركبات في العراق .

12.3.1. تأثيرات مركبات PCBs على الأسماك Effects of PCBs on fish

تصل الملوثات الى الاسماك عن طريق الرواسب والتي يزداد تركيزها بمرور الوقت بسبب مقاومتها للتحلل الطبيعي، ومركبات PCBs تشكل خطراً على صحة الاسماك والاحياء الاخرى التي تتغذى عليها الاسماك ومع زيادة عمر السمكة يزداد محتوى الدهون وبذلك يزداد تركيز هذه المركبات المحبة للدهون فتميل الى التراكم في الانسجة الغنية بالدهون لذلك نجد اعلى مستويات لمركبات PCBs في عضلات البطن، وزيادة تركيز PCBs يؤدي الى تثبيط الجهاز المناعي للأسماك وبالتالي تصبح اكثر عرضة للإصابات الطفيلية بسبب ضعف المناعة (Mikolajczyk *et al*., 2020) .

الاسماك التي تتعرض لهذه المركبات تظهر تغيراً في التطور الانجابي بما في ذلك انخفاض حجم الغدد التناسلية وتأخر النضج الجنسي وانخفاض التعبير عن الخصائص الجنسية الثانوية وذلك نتيجة لاضطرابات الغدد الصماء التي تؤثر على نمو الغدد التناسلية ، وهناك ادلة على ان النفايات السائلة تحتوي على روابط ترتبط بمستقبل الاريل هيدروكربون ومستقبلات هرمونات السيتيرويدات الجنسية كما تظهر عليها تغيرات مثل تضخم الكبد وصغر المناسل وانخفاض انتاج البيوض (Marlatt *et al*., 2022).

13.3.1. التراكم الحيوي لـ PCBs في الأسماك Bioaccumulation of PCBs in fish

لكون هذه المركبات تمتاز بكونها غير قابلة للذوبان في الماء فعند دخولها البيئة المائية يتم امتصاصها بواسطة الجسيمات العالقة في عمود الماء ومن ثم تصل الى الرواسب (Cui *et al*., 2020b) .

ومن ثم تؤخذ من قبل الاسماك لتتراكم فيها عن طريق السلسلة الغذائية وتصل الى الانسان وبالتالي تشكل خطراً على صحته (Batang *et al*., 2016) .

هنالك مساران للتراكم الحيوي لهذه المركبات اما عن طريق التركيز الاحيائي Biological concentration اي مباشرةً من البيئة التي يعيش فيها الكائن الحي عن طريق الأغشية الظهارية الجلدية والخياشيم خاصةً للأسماك ذات المستوى الغذائي المنخفض او عن طريق التضخم الاحيائي او ما يسمى بالتضخم الحيوي Biomagnification اي عن طريق السلسلة الغذائية (Visha *et al*., 2018) ، في التركيز الاحيائي فان كمية المادة الممتصة في انسجة الجسم تصبح اعلى تدريجياً من الموجودة في البيئة التي تم امتصاصها منها، والنباتات قادرة على امتصاص هذه المركبات وبالتالي نقلها الى الكائنات المائية وذلك لوجود هذه المركبات في الجزء العضوي من التربة والرواسب ثم تصل من خلال السلسلة الغذائية الى المستويات التغذوية الاعلى وبالتالي تتعرض الحيوانات والانسان لخطر سميتها بسبب قابلية ذوبانها في الأنسجة الدهنية، وتمتاز مركبات PCBs عالية الكلور بإمكانية التراكم والتضخم الاحيائي بنسبه اكبر من PCBs منخفضة الكلور (Oregel-Zamudio *et al*., 2021) .

14.3.1. ايض مركبات Metabolism of PCBs

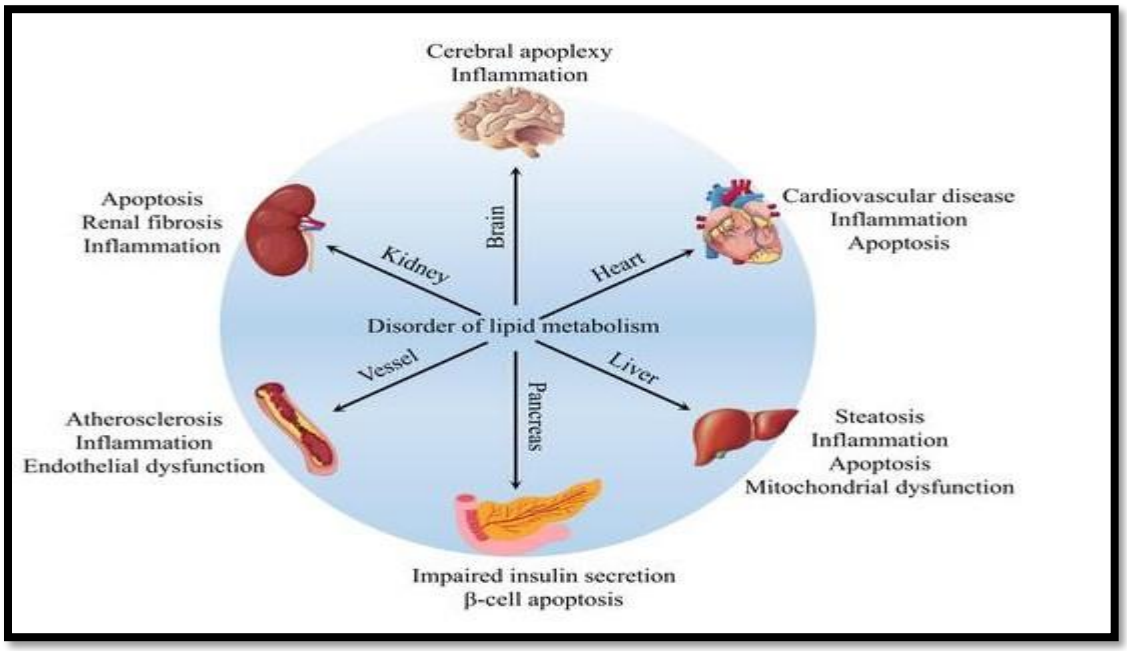
تمتلك الاسماك أليات تساعدها على أيض الملوثات الكيميائية التي تتعرض لها ومنها مركبات PCBs حيث تقوم بتفعيل عدد من الانزيمات التي توجد في الكبد مثل monoxygenase , $cytochromeP_{450}$ حيث تتأكسد مركبات PCBs الى PCBs-OH الهيدروكسيلية وذلك من خلال عمليات الأكسدة والاختزال (Zhang *et al*., 2020)، عملية الاستقلاب لهذه المركبات هي اما عملية ازالة سمية هذه المركبات او تحويلها الى نواتج ثانوية تؤدي الى حدوث اضرار من خلال تفاعلها مع القواعد النيتروجينية في الاحماض النووية او تتفاعل مع الدهون والبروتينات الخلوية، ولقد لوحظ ان مركبات PCBs المتواجدة في الأغذية تمتلك ذرات كربون أكثر من تلك المتواجدة في الهواء الجوي حيث تكون الاولى أكثر ثباتاً واطول عمراً وأصعب استقلاباً، وتختلف عمليات الاستقلاب بين انواع هذه المركبات اعتماداً على عدد وموقع ذرات الكلور وتركيز هذه المركبات ونوع الكائن المتعرض لها ودرجة الحرارة وغيرها (Grimm *et al*., 2015).

تمتاز المتجانسات عالية الكلور بانها محبة للدهون وبالتالي بطيء عملية التمثيل الغذائي اما المركبات الهيدروكسيلية فتكون محبة للماء فتجري عليها عملية التحلل المائي، المرحلة الاولى من عمليه التمثيل الغذائي تستقلب فيها مركبات PCBs -OH الى مستقلبات الهيدروكينون / شبه الكينون /الكينون وينتج عنه منتجات ثانوية منها انواع الاكسجين التفاعلية realctive oxygen species (ROS) الذي يؤثر على الجزيئات الكبيرة والمرحلة الثانية ينتج مستقلبات المثيل سولفونيل التي تستنزف الجلوتوثايونglutathione .

(Kania-Korwel and Lehmler, 2016).

ومستقلبات PCBs تحفز الاجهاد التأكسدي من خلال الانتاج المباشر لـ ROS او بشكل غير مباشر كأنتاج مضادات الأكسدة مما يؤدي الى حدوث خلل في توازن الأكسدة والاختزال، احياناً مركبات PCBs-OH تمثل ركائز لتفاعلات الاقتران بواسطة ناقلات الكبريت لإنتاج كبريتات او مرافقات حمض الجلوكورونيك الخاصة بها واعتماداً على درجة الكلوره يتم اخراجها مع البراز والبول او عن طريق الصفراء . (Fu *et al*., 2018)

أوضح Shan *et al*. (2020) ان التعرض لمركبات PCBs يحدث خلل في تنظيم التعبير عن المستقبلات الأنزيمية وجيناتها في الخلايا الحيوانية مما يسبب اضطرابات في عملية التمثيل الغذائي في الجسم ناتج عن استقلاب الجلوكوز والدهون في الكبد باعتبار الكبد هو الموقع الرئيسي لعملية التمثيل الغذائي وينتج عن هذا الاضطراب امراض منها مرض السكري النوع 2 بسبب ضعف افراز الانسولين والموت المبرمج لخلايا بيتا واختلال وظيفة المايتوكوندريا وايضاً تصلب الشرايين وامراض القلب والأوعية الدموية واضطراب وظيفة الخلايا البطانية والسكتة الدماغية والفشل الكلوي كما في الشكل (4) .



شكل (4) العلاقة بين اضطراب عملية الأيض في الأعضاء والأنسجة المختلفة (Shan *et al*., 2020).

15.3.1. الأهمية الاقتصادية للأسماك Economic importance of fish

تعد الاسماك من الموارد الطبيعية التي تنتشر في كل مكان على سطح الكره الأرضية من مياه المحيطات والبحار والخلجان والانهار والبرك والاهوار وتعتبر من الثروات الطبيعية التي لها دور في نظام التغذية لما تحتويه من بروتينات وفيتامينات وأحماض دهنية ومعادن ، جزء كبير من سكان العالم يعتمد على المأكولات البحرية وخاصةً الأسماك وذلك لأنها تعتبر مصدر غذائي في العديد من مناطق العالم (Feng *et al.,* 2019)

حيث ان الأسماك تشكل نسبة عالية من الفقريات، وتمتاز الاسماك باحتوائها على نسبة عالية من الاحماض الدهنية غير المشبعة التي تسمى بمجموعه الاوميجا والتي تعمل على اذابة الكوليسترول في الدم ولها تأثير مضاد للاكتئاب (Dighiesh *et al.,* 2019).

واستهلاك 150 غرام من الاسماك يوفر حوالي 60% من احتياجات البروتين اليومية للبالغين ، فهو ذو محتوى غذائي بروتيني يتميز بسهولة هضمه ويعزى ذلك لانخفاض محتوى الأنسجة الضامة في انسجة السمك وقصر طول الالياف الأساسية لتركيب العضلات والبعض يفسر ذلك بسبب ان بروتينات الاسماك مرتبطة بروابط ضعيفة وينصح الاطباء بتناول اللحوم البيضاء من السمك الخالي من الدهون بدلاً من اللحوم الحمراء لأنه يؤدي الى زيادة الافرازات المعدنية اكثر من لحوم الحيوانات الاخرى وبذلك فأنها تعتبر مصدر مهم للطاقة لكنه يفتقر الى فيتامين C والسكريات (Yemmen and Gargouri, 2022) ، كذلك تحتوي الاسماك على العناصر المعدنية منها الكالسيوم والفسفور التي تدخل في بناء العظام والاسنان والكبريت الداخل في تركيب الاحماض الأمينية الكبريتية والصفراء واللعاب وهرمون الانسولين وايضاً تحتوي على عنصري الصوديوم

والبوتاسيوم اللذان يوجدان في اسماك المياه المالحة بنسبة أكبر من اسماك المياه العذبة، واحتواء الأسماك على فيتامين D ضروري في امتصاص الكالسيوم والفسفور في الجسم (الشبلاوي، 2016)

والاحماض الأمينية الموجودة في عضلات الاسماك تعتبر من المكملات الغذائية الاكثر فعالية في تحسين الاداء الصحي والرياضي لأنه يتم تكسيرها داخل العضلات بخلاف البقية التي يجري تكسيرها في الكبد لذا فأنها مفيدة في انتاج الطاقة وتقليل التعب اثناء التمارين الرياضية (Tambalis and Arnaoutis, 2022) وان تناول الاسماك الملوثة قد تشكل خطراً كبيراً على صحة الانسان لانها تحتوي مركبات سامه تقلل من انتاج السيروتونين في الدماغ (Zhang *et al*., 2020).

16.3.1. الدراسات المحلية السابقة Previous Local studies

درس علاوي وعزيز (2017) مركبات PCBs في عينات التربة في حقل الاحدب النفطي في محافظة واسط حيث تم تحديد مستويات 12 مركب لـ PCBs في عينات التربة وقد تراوحت تراكيزها الكلية من 18الى 980 مايكروغرام/كغم في (الموقع 15و16)على التوالي، وكانت المتجانسات السائدة لمركبات PCBs هي مركبات خماسي كلوروثنائي الفينيل وكانت تمثل 57.6% من تراكيز المركبات الكلية المسجلة في عينات التربة واظهرت الدراسة 16 من أصل 24 عينة من عينات التربة احتواءها على المركبات المسرطنة.

اجرى الزباد (2021) دراسة تناولت توزيع ومصادر مركبات PCBs في المياه والرسوبيات وبعض الاحياء المائية المتواجدة في شط العرب في ستة محطات (القرنة، الدير، كَرمة علي، العشار، ابو الخصيب والفاو) وقد تراوحت تراكيز المركبات في المياه بين (2.61-83. 24) نانوغرام / لترأما في الرسوبيات فقد تراوحت التراكيز ما بين (4.48 - 27,75) نانو غرام / غرام ، اما في نبات القصب فقد تراوحت التراكيز بين (0.45 – 8.09) نانوغرام/ غرام وفي اسماك البلطي النيلي تراوحت تراكيز المركبات بين (3.19- 28 .14) نانوغرام /غرام وفي اسماك الخشني (3.40- 15.22) نانوغرام/غرام ، وكانت متجانسات PCB29, PCB31,PCB101,PCB18 هي السائدة في عينات الدراسة تليها بنسب اقل مركبات PCB28,PCB141,PCB149 وبشكل عام سادت مركبات ثلاثية وسداسية الكلور تليها مركبات سباعية ورباعية الكلور بنسب اقل ثم بقية المركبات.

درس الحساني (2023) تراكيز مركبات PCBs وتوزيعها ومصادرها في مياه ورسوبيات الجزء الجنوبي من نهر دجلة في اربع محطات (المجر الكبير، قلعة صالح، العزير والقرنة) تم تحديد 12 نوعاً من المركبات وهي: PCB18,PCB31,PCB28,PCB44,PCB52,PCB101,PCB138,PCB141, PCB153,PCB189,PCB194 ، وتراوحت تراكيز مركبات PCBs الكلية في عينات المياه بين (1.195-18.804) نانوغرام/ لتر،اما تراكيز المركبات في الرسوبيات فكان اعلى مما في المياه حيث تراوحت بين (11.5-36.5) نانوغرام/غرام ، واظهرت الدراسة بان المتجانسات السائدة في الرسوبيات هي PCBs189 سباعية الكلور .

17.3.1. الدراسات السابقة في العالم Previous studies in the world

درس Megahed *et al.*(2015) تلوث المياه بمركبات ثنائي الفينيل متعدد الكلور على امتداد نهر النيل في مصر وتم تحديد عشرة متجانسات من مركبات PCBs في عينات المياه حيث تراوحت تركيزها بين (14 -20) مايكروغرام/لتر ، مما يشير الى تلوث خطير بمركبات PCBs في نهر النيل اعلى مما في السنوات السابقة ، المخاطر المسببة للسرطان الناتجة عن تلوث المياه بمركبات PCBs في نهر النيل اعلى من المستوى المقبول مما يشير انها قد تسبب اثاراً صحية ضارة لجميع الفئات العمرية.

قام El-Kady *et al.*(2017) بتحديد تراكيز مركبات PCBs في الرسوبيات واسماك البلطي النيلي في بحيره ما نزالا Manzala في مصر ، اذ تراوحت تراكيز هذه المركبات في الرواسب بين (19 – 69) نانو غرام /غرام وزن جاف بينما في الأسماك تراوحت بين (7.4- 29) نانو غرام /غرام وزن جاف ، وبينت هذه الدراسة بان المصدر الرئيسي لهذه المركبات في البحيرة ناتج عن التلوث بالنفايات المنزلية والصناعية والزراعية غير المعالجة.

اوضح De Souza *et al*. (2018) في دراستهم التوزيع المكاني لمركبات PCBs عالية الخطورة في الرواسب السطحية لمصب نهر السانتوس في البرازيل بالقرب من منطقة ساحلية صناعية كبيرة ومركز حضري مهم في البرازيل ، وقد تراوحت تراكيزها بين 190,7-295,50 نانوغرام /غرام وزن جاف في الرواسب المدروسة ، وقد ساهمت هذه الدراسة بتسليط الضوء على اهمية الرواسب في تخزين الملوثات العضوية الثابتة بشكل دائم والمخاطر الناجمة عن اعاده تعليقها مرة أخرى الى عمود المياه خاصةً في المناطق التي تنخفض فيها درجات الحرارة بشكل كبير كما هو الحال في مصب نهر السانتوس.

أجريت دراسة من قبل Jafarabadi *et al*. (2019) لرصد مركبات PCBs في مياه البحر والرواسب السطحية وخمسة انواع من الاسماك ذات الأهمية التجارية في جزيرة لأراك في الخليج العربي في إيران وتراوحت تراكيزها في عينات الأسماك بين (90,19- 7,20) نانوغرام/غرام وزن جاف بينما تراوحت بين (7,95- 2,95) نانوغرام /غرام وزن جاف في الرواسب السطحية ، وتم العثور على مستويات عالية من مركبات PCBs في الأسماك في الكبد والكلى مقارنةً بأنسجة الجلد والغدد التناسلية والعضلات بسبب المحتوى العالي للدهون في الكبد والكلى وتم تقييم المخاطر الصحية الناتجة عن الاستمرار في استهلاك هذه الاسماك الملوثة بهذه المركبات من قبل السكان المحليين وأوصت هذه الدراسة بضرورة الاستمرار بمراقبة تراكيز مركبات PCBs بشكل دوري في المياه والرواسب والكائنات المائية لمنطقة الدراسة.

أنجز Yang *et al.*(2020) دراسة على الرسوبيات السطحية لنهر تشوباي Chaobai الذي يعد المصدر الرئيسي لمياه الشرب في الصين لتقييم حالة التلوث بمركبات PCBs ومصادرها وقد تراوحت تراكيزها في الرسوبيات بين (0.125- 70.6) نانوغرام/غرام وزن جاف، واشارت الدراسة الى هناك مصدرين رئيسيين للمركبات في الرسوبيات هما الترسيب الجوي لهذه المركبات مع الامطار والتلوث الناتج من مصانع الاصباغ ومواد البناء

قام Bamidele *et al*. (2020) بتحديد مركبات PCBs في المياه والرواسب وتركيزها الحيوي في السلسلة الغذائية للأسماك والطفيليات المعوية والعوالق والرخويات في بحيرة ايبي، وتراوحت تراكيزها في المياه السطحية والرواسب بين (3,20 و6) نانوغرام /لتر، (405,50 -860,70) نانوغرام/غرام وزن جاف واظهرت درجة حرارة المياه علاقة ارتباط عكسية مع مركبات PCBs الموجودة في العوالق، واستنتجت الدراسة ميل هذه المركبات للتراكم الحيوي في أنسجة الكائنات الحية المدروسة وبالتالي فأنها تشكل خطراً على صحة الانسان من خلال السلسلة الغذائية.

درس Mikolajczyk *et al*. (2020) الديوكسينات ومركبات PCBs والتأثير البيئي على تلوث اسماك المياه العذبة وتقييم مخاطرها على المستهلكين في نهر فيستولا في كراكوف وسجلت معدلات عالية للسمية في الرواسب والاسماك تجاوزت الحدود المسموح بها والمحددة من قبل الاتحاد الاوروبي وتم تسجيل متجانسات 118 , 153 PCBs في الرواسب وعضلات الاسماك، هذه المستويات العالية في الأسماك والاستمرار في استهلاكها تشكل خطورة صحية على المستهلكين .

درس Chowdhury *et al*.(2022) التغيرات الموسمية وتقييم مخاطر مركبات PCBs في الرواسب السطحية من نهر توراج دكا بنغلاديش وتم تحليل ستة متجانسات ,PCB10,PCB28,PCB52,PCB138 PCBs153,PCBs180, بواسطة GC-ECD لتسعة مواقع مختلفة ، تراوحت التراكيز الكلية لمركبات PCBs بين (1,68و344) نانوغرام/غرام وزن جاف، واظهرت النتائج ان مركبات PCBs في وقت الرياح الموسمية يمكن ان تسبب تأثيرات بيولوجية على الكائنات الحية ، ولم يتم تسجيل اي اثار سمية ضارة في موسم الجفاف على الكائنات الحية .

أوضح Capozzi *et al*. (2023) ان تراكيز PCBs في الاسماك المصطادة من اعالي نهر هدسون تراوحت من 21.846 الى 82 نانوغرام /غرام وزن جاف ، واشارت النتائج الى ان مركبات PCBs لها القدرة على التراكم في انسجة الأسماك .

أوضحت دراسة Efroymson *et al*. (2024) الفعالية العلاجية للمعالجة الحيوية للأحواض ، قيمة الموائل وتركيز PCBs في الاسماك لتقليل المخاطر البيئية والصحية المرتبطة بالتعرض للملوثات الكيميائية السامة بقياس تراكيز هذه المركبات في الأسماك، وهدفت الدراسة للحد من المخاطر لكي لا يتم اعادة تعليق مركبات PCBs او تتراكم او تتضخم احيائياً من خلال تحسين نوعية المياه وتثبيت الرواسب الملوثة وتعزيز الموائل واظهرت النتائج ان زيادة الغطاء النباتي والكلوروفيل ادى الى زيادة استقرار الرواسب وبالتالي انخفاض اعادة تعليق الرواسب في عمود الماء مما أدى الى انخفاض في تركيز مركبات PCBs لأنها ملوثات كارهة للماء ومرتبطة بالجسيمات واستنتجت الدراسة ان المعالجة الحيوية تمثل خياراً فعالاً للمعالجة التي تقلل تراكيز المواد الكيميائية السامة وبالتالي تقليل تركيز مركبات PCBs في الأسماك والرواسب.

الفصل الثاني

المواد وطرائق العمل

Materials and methods

2. المواد وطرائق العمل Materials and methods

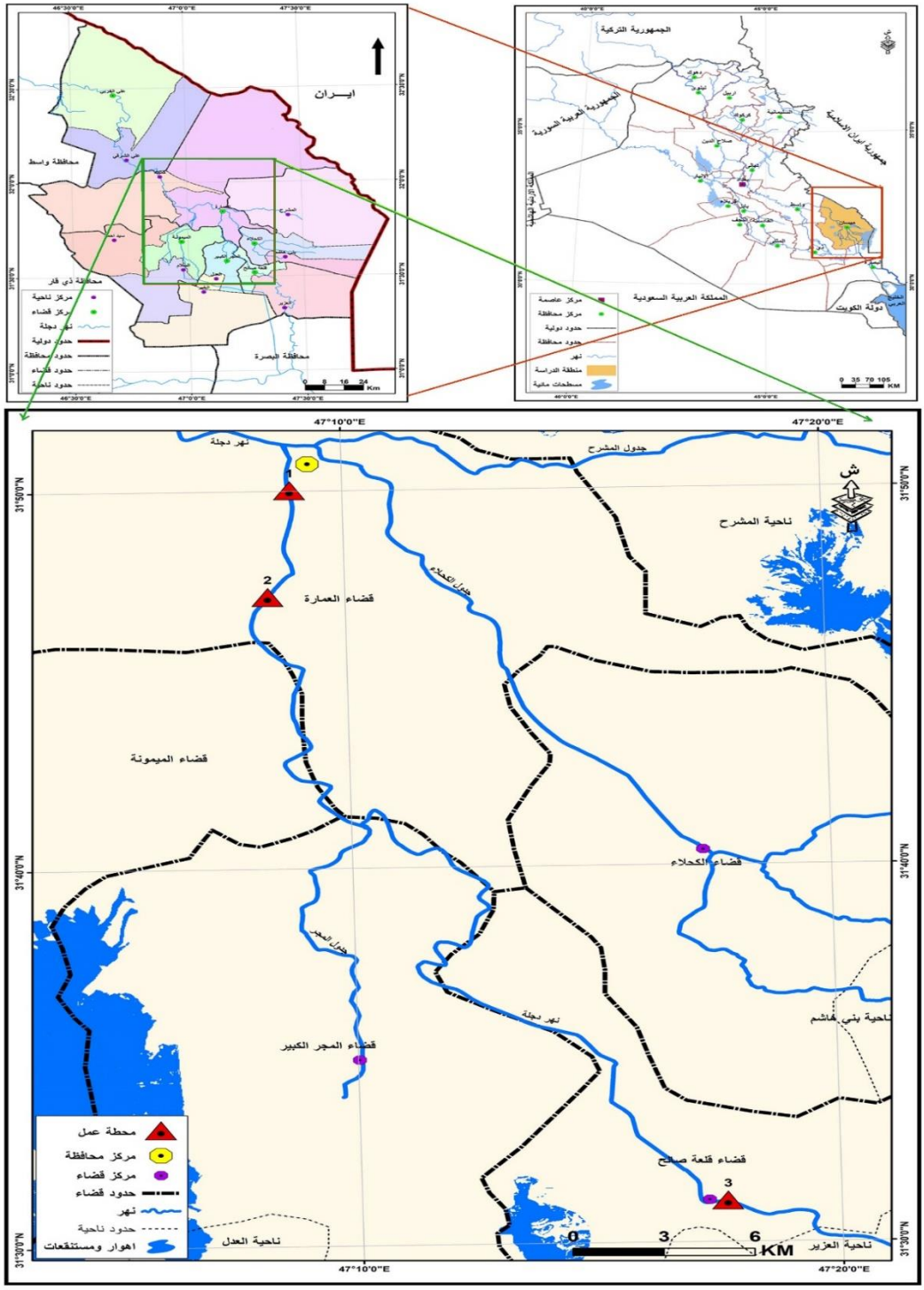
1.2. وصف منطقة الدراسة Descrption of Study area

تعتبر محافظه ميسان من المحافظات التي يمر بها مجرى نهر دجلة ، هناك العديد من العوامل البشرية والطبيعية التي كانت السبب وراء عدم استقرارية نهر دجلة من خلال الترسبات واغلب هذه الرواسب تكون خشنة كالطين والغرين والرمل وبقايا الطابوق والنفايات (Ali *et al*., 2021).

يبلغ طول النهر في محافظة ميسان من علي الغربي حتى مدينة العزير حوالي 175 كم ويدخل محافظة ميسان شمال مدينة علي الغربي بحوالي 15 كم ثم يمر بناحية علي الشرقي وقضاء كميت وقبل دخول النهر مدينة العمارة بحوالي 18 كم يأخذ مأخذ جدول البتيرة (سعد،2014).

وعند دخوله للعمارة يتفرع الى فرعين الشرقي الذي يعرف بجدول الكحلاء والجنوبي هو النهر الرئيسي، جنوب مدينة العمارة بحوالي 13 كم يتفرع النهر من ضفته اليمنى جدول المجر الصغير وعلى مسافه منه بحوالي 7 كم يقع جدول المجر الكبير من الضفة اليمنى للنهر، شمال مدينة قلعة صالح بمسافه 4.5 كم يتفرع النهر من ضفته اليسرى جدول (المجرية) الذي يعتبر اخر جداولهُ، وقبل دخول النهر مدينة العزير بحوالي 10 كم تصب فيه العديد من المصارف منها مصرف الكسارة الذي اقيم عليه ناظم الكسارة وجنوب مدينة العزير يكون النهر قد غادر محافظة ميسان ليدخل محافظة البصرة كما في الشكل (6) (Ali and Al_Mayah, 2021).

تعتمد محافظة ميسان على نهر دجلة في تجهيز مياه الشرب واستعماله لمختلف الأنشطة البشرية والزراعية والصناعية، وتتأثر مياه الانهار بالملوثات العضوية وغير العضوية التي تطرح فيها من مصادر مختلفة كمياه الصرف الصحي ومخلفات المطاعم والفنادق ومياه المبازل وايضاً المخلفات الصناعية كمعمل الورق والزيوت ومحطات توليد الطاقة الكهربائية (علي ، 2020).



شكل (5) خارطة توضح مواقع جمع العينات

2.2 . محطات الدراسة Study sites

1.2.2 حي القاهرة

تم اختيار هذه المحطة لأنها تقع تقريباً وسط المدينة كما في جدول (2).وتتميز بكثافة السكان ووجود الوحدات السكنية والمقاهي والمحلات التجارية على جانبي نهر دجلة ، وايضاً وجود مستشفى الطفل والولادة على الجانب الايمن للنهر والتي تلقي بنفاياتها مباشرةً في مجرى النهر ، ويلاحظ كثرة حركة الزوارق ووجود الترسبات واضحةً على الجانبين وانتشار النباتات المائية مثل نبات حشيشة الكرعان *Persicaria salicifolia* ونبات القصب *Phragmites australis* ونبات الشمبلان *Ceratophyllum demersum* وغيرها كما في الصورة (1) .

صورة (1) : محطة القاهرة

2.2.2 الزيوت

يلاحظ ضيق مقطع النهر ووجود البساتين والدور السكنية على جانبي النهر في هذه المحطة ، وكذلك يلاحظ وجود الترسبات والنباتات مثل حشيشة الكَرعان *P.salicifolia* والقصب *P.australis* ونبات الصفصاف *Salix acmophylla* ، كما في الصورة (2) وجدول (2).

صورة (2) : محطة الزيوت

3.2.2 قلعة صالح

تقع هذه المحطة جنوب ناظم قلعة صالح في مركز قضاء المدينة قرب الجسر كما في جدول (2) ، وتتميز بوجود كثافة سكانية على جانبي النهر التي تطرح فضلاتها الى مجرى النهر، وكذلك وجود مستشفى قلعة صالح فضلاً عن شبكات تصريف مياه الصرف الصحي غير المعالجة وتتميز ايضاً بوجود بعض الاراضي الزراعية والبساتين وانتشار النباتات المائية مثل نبات القصب *P.australis ونبات* الغرب *Populaus euphratica* والصفصاف *S.acmophylla* ، كما في الصورة (3).

صورة (3) : محطة قلعة صالح

جدول (2) الاحداثيات لمواقع الدراسة باستعمال GPS

اسم المحطة	الأحداثيات
حي القاهرة	N: 31.83 E: 47.15
الزيوت	N: 31.79 E: 47.14
قلعة صالح	N: 31.52 E: 47.29

3.2 الأجهزة والمواد الكيميائية المستخدمة في الدراسة الحالية

استخدمت المواد الكيميائية والأدوات الموضحة في الجدول (3) لأجراء التحليلات المطلوبة لإنجاز الدراسة الحالية .

جدول (3) : المواد الكيميائية والادوات المستخدمة في الدراسة

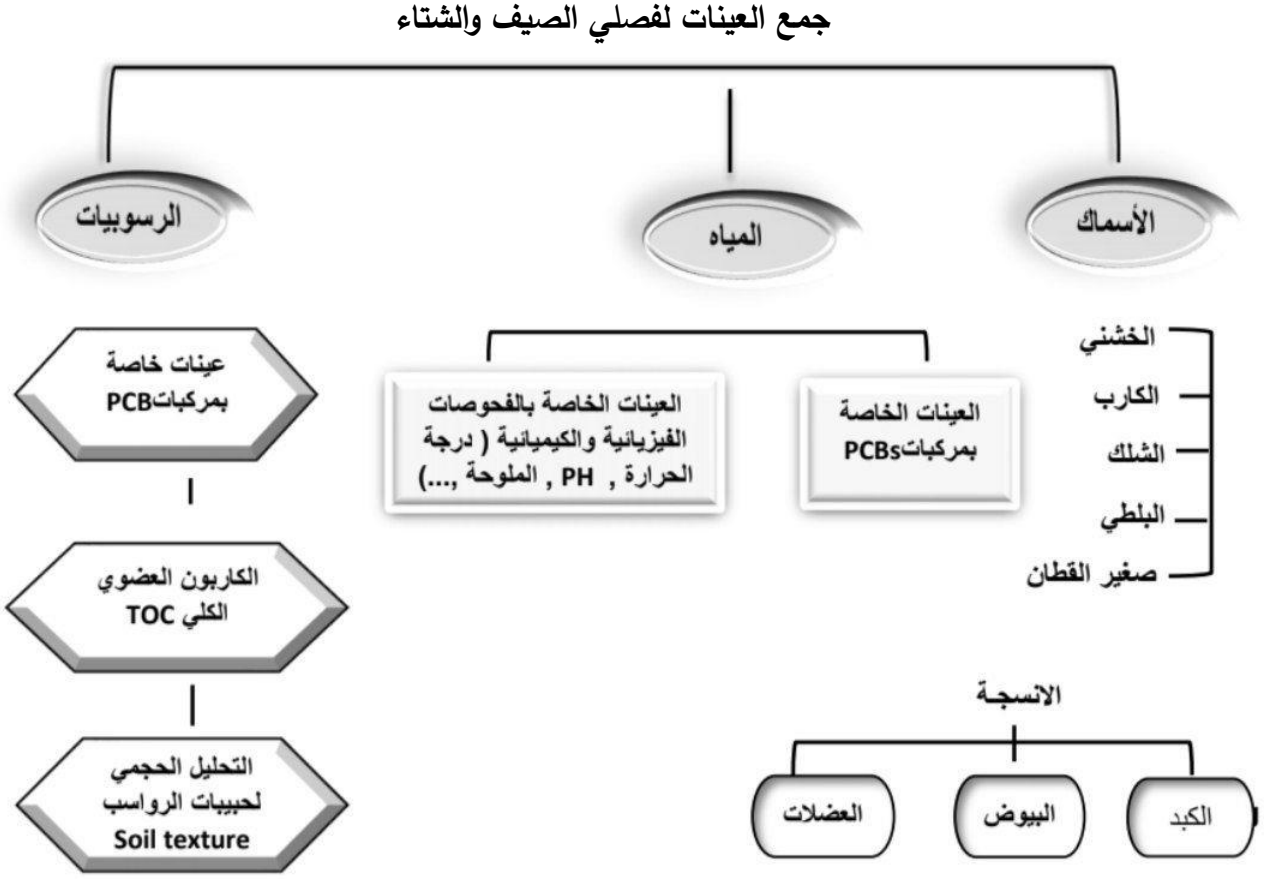
المادة الكيميائية	الشركة المصنعة	المنشأ
هكسان $CH_3(CH_2)_4CH_3$	Atom Scientific Ltd	المملكة المتحدة
كلوروفورم $CHCl_3$	ROMIL	المملكة المتحدة
اوكسيد الالمنيوم المتعادل Al_2O_3 (الالومنيا)	HIMEDIA	هندي
كبريتات الصوديوم اللامائيه Na_2So_4	HIMEDIA	هندي
جل السليكا SiO_2	HIMEDIA	هندي
صوف زجاجي Glass Wool	HIMEDIA	هندي
ثنائي كلوريد المثيانCH_2Cl_2	HIMEDIA	هندي
هيدروكسيد البوتاسيوم الميثانولي	HIMEDIA	هندي
هيكساميتا فوسفات الصوديوم	HIMEDIA	هندي
هاون خزفي	DWK Life Sciences	ألماني
علبة تشريح	3B Scientific	ألماني
قناني معتمة سعة 2.5 لتر	Atom Scientific Ltd	المملكة المتحدة
منخل (63 مايكرون)	W.S. Tyler	المملكة المتحدة
زجاجيات متنوعة	DWK Life Sciences	ألماني
بيكرات	DWK Life Sciences	ألماني
قمع فصل	DWK Life Sciences	ألماني
كولوم زجاجي	DWK Life Sciences	ألماني
Thimble	Sartorius Stedim Biotech	ألماني
حامل حديدي	Eisco Scientific	المملكة المتحدة
الجفنة الخزفية	DWK Life Sciences	المملكة المتحدة
المجفف Discator	Co. KG.	ألماني

واستخدمت الأجهزة الموضحة في الجدول(3) لأجراء واكمال التحليلات المطلوبة

جدول (4) : الأجهزة المستخدمة في الدراسة

الجهاز	الشركة المصنعة	المنشأ
جامع الرسوبيات القاعية Grab Sampler	AMS Inc.	المملكة المتحدة
جهاز كروماتوكرافيا الغاز –مطياف الكتلة Gas Chromatography- mass spectrometry	Agilent	أمريكي
جهاز استخلاص العينات Soxhlet Intermittent Extraction	Hereeus	الماني
جهاز خلط العينات	Heidolph RZR 50	الماني
جهاز ترميد العينات Muffle Furnase	Gallenkamb	انكليزي
PH- Meter	Sartorius	الماني
جهاز قياس الملوحة والتوصيلية الكهربائية و TDS Multiple meter	HANNA instrument	روماني
محرار زئبقي مدرج (0-100) Thermometer	Indiamart	هندي
ميزان حساس Balance	Sartorius	الماني
مطحنة كهربائية	Moliax	صيني
خلاط كهربائي	Moliax	صيني
فرن كهربائيElectric oven	Kottermann Hereeus	المملكه المتحدة
مكثاف	DWK Life Sciences	المملكة المتحدة

تصميم الدراسة : تم تصميم الدراسة كما موضح في المخطط (1) .



مخطط (1) : تصميم الدراسة

4.2. جمع العينات Collection of Sample

جمعت العينات من ثلاثة مواقع موزعة على نهر دجلة (حي القاهرة والزيوت وقلعة صالح) في محافظة ميسان خلال فصلي الصيف والشتاء (2023- 2024) كما في الشكل (6) ، وتم جمع عينات المياه والرواسب والاسماك بواقع شهرين في فصل الصيف (تموز وآب) والشتاء (كانون الثاني وشباط).

1.4.2. عينات المياه Water samples

جمعت عينات الماء الخاصة بالقياسات الفيزيائية والكيميائية بواسطة قناني نظيفة من البولي اثيلين سعة 1 لتر ، بينما جمعت العينات الخاصة بتقدير تراكيز مركبات ثنائي الفينيل متعدد الكلور بواسطة قناني زجاجية

معتمه سعة 2.5 لتر بعد اضافة 10 مل من مادة الكلوروفورم لتثبيت العينة وضمان ايقاف نشاط الكائنات المجهرية (الزباد ،2021).

2.4.2. عينات الرواسب Sediments samples

جمعت عينات الرواسب من نفس مواقع جمع عينات المياه باستخدام جهاز جامع عينات الرسوبيات وسمح للماء بالخروج وحفظت العينات بواسطة اوراق الالمنيوم ووضعت في صندوق مبرد لحين الوصول الى المختبر لأجراء التحليلات المطلوبة (الحساني ،2023).

3.4.2. عينات الأسماك Fish samples

جمعت خمسة انواع من عينات الاسماك وبواقع 10 نماذج من كل نوع ذات اوزان واطوال متقاربة كما في الجدول (4) وهي : (الشانك *Acanthopagrus latus* والشلكَ *Aspius vorax* ,الخشني *Liza abu* ,الكارب *Cyprinus carpio* وسمكة صغير القطان *Barbus xanthopterus*) من نهر دجلة بمساعدة الصيادين وباستخدام الشباك الخيشومية وشبكة السلية وتم وضعها في صندوق مبرد لحين الوصول الى المختبر (الزباد ،2021).

5.2. تحضير العينات Preparation of samples

1.5.2 عينات الرواسب Sediment samples

جُلبت عينات الرواسب وتركت حتى تجف في الهواء أُزيلت منها الاجسام الغريبة والشوائب ثم طحنت بواسطه طاحونة الرسوبيات ونخلت باستعمال منخل قطر فتحاته 63 ميكرون وحفظت لحين اجراء القياسات المطلوبة.

2.5.2 عينات الأسماك Fish samples

شُرحت الاسماك بواسطة مقص تشريح واستخرج الكبد واخذ من كل عينه جزء من العضلات وجزء من البيوض ثم جففت وطحنت العينات بواسطة هاون خزفي ونخلت بواسطة منخل قطر فتحاته 63 مايكرون وحفظت لحين أجراء القياسات المطلوبة.

6.2 العوامل الفيزيائية والكيميائية Physical and Chemical Factors

1.6.2 . درجه الحرارة

تم قياس درجة حرارة الماء والهواء بواسطه محرار زئبقي Thermometer مدرج من (0 الى 100) درجه مئوية حيث عبر عن القياس بالدرجة المئوية (مْ) ، كررت العملية عده مرات للتأكد من القراءة.

2.6.2. الاس الهيدروجيني(pH)

تم قياس درجة الاس الهيدروجيني بواسطة جهاز pH-meter بعد معايرته بالمحاليل المنظمة القياسية Buffer solution ذات pH (4،7،9) ، وكررت العملية عدة مرات للتأكد من القراءة.

3.6.2. التوصيلية الكهربائية و TDS والملوحة

قيست التوصيلية والملوحة وTDS باستخدام جهاز Multi- meter وعبر عن التوصيلية بوحدة المليسيمنز/ سم وعن الملوحة بالجزء بالاف ppt وTDS بوحده المليغرام / لتر.

4.6.2. الكربون العضوي الكلي Measurement of TOC

اعتمدت طريقة الترميد(Sparks *et al*., 2020) لقياس النسبة المئوية لمحتوى الكربون العضوي في الرسوبيات حيث جففت عينات الرسوبيات في المختبر وازيلت منها الشوائب وطحنت بالهاون الخزفي ثم بعد ذلك نخلت بواسطة منخل قطر ثقوبه 63 مايكرون ، واخذ منها 2 غرام وزن جاف ووضعت في فرن الترميد تحت حراره 550 درجة مئوية ولمدة 48 ساعة ، ثم نقلت العينة الى المجفف مباشرةً لتصل الى درجة حرارة المختبر ومن ثم وزنت العينات والفرق بين الوزن الاول والوزن الجاف يمثل محتوى الكربون العضوي الكلي، حسب المعادلة الموضحة. $TOC\% = \frac{M1-M2}{M1-M0} \times 100$ حيث ان :

M_0= وزن الجفنة الخزفية وهي فارغة.
M_1= وزن الجفنة الخزفية مع عينة الرواسب قبل الحرق.
M_2= وزن الجفنة الخزفية مع عينة الرواسب بعد الحرق.

5.6.2. التحليل الحجمي لحبيبات الرسوبيات Grain size analysis

اتبعت طريقة Piptte حسب (Folk,1974) لتقدير النسبة المئوية لمكونات الرسوبيات وذلك بأخذ 50 غرام من العينة بعد ان نخلت بمنخل قطر فتحاته 2 ملم لإزالة العوالق الكبيرة ثم اضيف للعينة كمية من الماء المقطر لعمل عالق واضيف 125 مل من المحلول العامل المفرق من ماده هيكساميتا فوسفات الصوديوم وترك لمدة ساعة ، ثم بعد ذلك مزج بواسطة خلاط كهربائي لمده 30 دقيقة ، ثم نقل في اسطوانة حجم 1 لتر حاوية على ماء مقطر ومزجت المحتويات جيداً وتم ادخال المكثاف واخذت القراءات مع مراعاة درجة حرارة الخليط عند القراءة وسجلت النسبة المئوية لدقائق الرسوبيات (الرمل والغرين والطين) .

7.2. أستخلاص مركبات PCBs من المياه Extraction of PCBs from water

اتبعت طريقة USEPA (2006) الخاصة باستخلاص مركبات PCBs من عينات المياه وكما يلي: اخذت 5 لتر من عينة المياه وخلطت مع 100 مل من خليط الهكسان وثنائي كلوروالميثان ولمدة 15 دقيقه باستخدام جهاز الخلاط ينقل في كل مره 500 مل من العينة الى قمع الفصل سعة 1 لتر مع اضافة 20 مل من ثنائي كلوروميثان وتكرر العملية حتى اكمال جميع العينة ، يرج قمع الفصل بواسطه اليد ولمدة (10 - 15) دقيقه مع فتح سدادة القمع بين فتره واخرى للتخلص من ضغط البخار المتكون داخل القمع ، ثم يترك القمع لمده 10 دقائق لإتمام فصل الطورين المائي والعضوي يفتح الصنبور في اسفل قمع الفصل ليمرر الطور العضوي فوق عمود زجاجي بطول 20 سم حاوي على صوف زجاجي في القاع و2 غرام من جل السيليكا و2 غرام من الالومينا و2 غرام من كبريتات الصوديوم اللامائية على التوالي من الاسفل الى الاعلى وجمع المستخلص في دورق زجاجي سعه 100 مل ، وهكذا تكرر الخطوات عدة مرات لاستخلاص كامل العينة ثم تترك العينة لتتبخر وبعد ذلك يغلق

بأحكام لحين قياس المركبات بواسطة جهاز كروماتوجرافيا الغاز- مطياف الكتلة Gas-Chromatography Mass (GC-MASS) Spectrometry في مختبرات بتروشيمي طهران _كرج في ايران.

8.2. استخلاص مركبات PCBs من الرسوبيات Extraction of PCBs from sediments

اعتمدت طريقة Aganbi *et al*.(2019) وكالاتي :-

تم اخذ 20 غرام من الرسوبيات ووضعت في كشتبان واستخلصت منها المركبات باستخدام جهاز الاستخلاص، باستخدام 100 مل من خليط الهكسان وثنائي كلوروالميثان ولمدة 48 ساعة وعند درجة حرارة لا تتجاوز 50 درجة مئوية وبعدها ترك المستخلص ليبرد ثم اجريت عملية الصوبنة لمدة ساعتين مع 15 مل من محلول هيدروكسيد البوتاسيوم الميثانولي 4 مولاري وترك ليبرد ثم نقلت المحتويات الى قمع الفصل واضيف 50 مل من الهكسان وثنائي كلوروالميثان اليها ، ثم رج القمع جيداً وترك فتره من لزمن حتى انفصل المحلول الى طبقتين ، تم التخلص من الطبقة المصوبنة واخذت الطبقة العضوية غير المصوبنة الحاوية على المركبات ومررت على عمود فصل يحتوي في الاسفل صوف زجاجي وفوقه 2 غرام من جل السيليكا تعلوها طبقة من الالومينا 2غرام وفوقها 2غرام من كبريتات الصوديوم اللامائية ثم جمع المستخلص في وعاء زجاجي وعُلم وتُرك ليجف وتم غلقه بأحكام لحين اجراء القياس بواسطه جهازGC-mass .

9.2. استخلاص مركبات PCBs من الأسماك Extraction of PCBs from fish

اعتمدت طريقة Schantz *et al*.(1993) الخاصة باستخلاص مركبات PCBs من الاسماك وكالاتي :-

أستخدم 5غرام من العينات ووضعت في كشتبان واستخلصت المركبات بواسطة جهاز الاستخلاص ، حيث تم اضافة 100 مل من خليط الهكسان وثنائي كلوروالميثان لدورق حجمي سعة 500 مل في جهاز الاستخلاص ولمده 48 ساعه وعند درجة حرارة لا تتجاوز 50 درجة مئوية ، بعد عملية الاستخلاص ترك المستخلص حتى يبرد ثم اجريت عملية الصوبنة لمده ساعتين مع محلول هيدروكسيد البوتاسيوم الميثانولي 4 مولاري وترك ليبرد ونقلت المحتويات الى قمع الفصل واضيف اليها 50 مل من الهكسان وثنائي كلوروالميثان ورج القمع جيداً وترك فترة من الزمن حتى انفصل المحلول الى طبقتين تم التخلص من الطبقة المصوبنه اما الطبقة العضوية غير المصوبنه الحاوية على المركبات فمررت على عمود فصل كروماتوجرافي يحتوي في الاسفل صوف زجاجي يعلوه 2 غرام من جل السيليكا وفوقها 2 غرام من الالومينا تعلوها 2 غرام من كبريتات الصوديوم اللامائية ثم جمع المستخلص وتُرك ليجف وتم غلقه بأحكام وحفظه لحين اجراء القياس بواسطه جهاز(GC-MASS)

10.2. قياس أوزان وأطوال الاسماك Measuring the weights and lengths of fish

تم اخذ 10 نماذج من كل نوع ذات اوزان واطوال متقاربة وكما في الجدول(5) :-

جدول (5) : اوزان واطوال الأسماك المدروسة

النوع	الطول	الوزن
Liza abu	14-12 سم	30-15 غم
Acanthopagrus latus	23-20 سم	230-225 غم
Barbus xanthopterus	55-40 سم	1500-1000 غم
Cyprinus carpio	50-46 سم	2000-1500 غم
Aspius vorax	50-40 سم	1500-1000 غم

11.2. وصف وتصنيف اسماك الدراسة Description and classification of study fish

وصفت وصنفت اسماك الدراسة من قبل دكتور محمد هاتو بالاعتماد على (Jawad, 2021).

1.11.2 الكارب الشائع *Cyprinus carpio*

تعتبر اسماك ذات مردود اقتصادي كبير ، لها قابلية تحمل عالية للملوحة وغيرها من العوامل البيئية مما يساعد على انتشارها الواسع في العراق، وتمتاز بتحملها للمستويات المنخفضة من الاوكسجين المذاب، دخلت هذه الاسماك الى العراق عام 1955 من هولندا واندونيسيا وانتشرت في العراق في نهري دجلة والفرات وروافدهما وشط العرب واهوار جنوب العراق .

تتغذى هذه الأسماك على الهائمات النباتية وتفضل الرعي بالقاع حيث تقتلع جذور النباتات كما تتغذى على الحشرات المائية والديدان والقشريات والنواعم ومخلفات المجاري العضوية، اما التغذية السطحية فتعتمد على الطحالب والحشرات المائية ويمكن استزراعه ايضاً في الاحواض .

وهي ذات محتوى دهني عالي لكنها من الاسماك المزعجة لأنها تقتلع جذور النباتات المائية مما يسبب تعكر المياه فخلط الغرين القاعي يؤدي الى طمر بيوض الأسماك ، كما انها تفترس بيوض الاسماك الأخرى، يحدث التكاثر في شهر اذار مع امكانية حدوثه في شهري تشرين الاول والثاني، تقضي الذكور وقت اكثر من الاناث في اماكن التكاثر، تلقى البيوض على النباتات خلال الليل والصباح ، وتعد منافساً قوياً للأنواع المحلية .

تتميز بيوض هذا النوع بارتفاع نسبة الملوثات فيها وتستخدم في احواض الزينة ومزارع الاسماك وللدراسة كسمكة تجارب بالإضافة الى استخدامها كغذاء، الصورة (4).

Or. : Cypriniformes
Fa. : Cyprinidae
G. : *Cyprinus*
Sp. : *C. carpio*

الصورة (4) : سمكة الكارب *Cyprinus carpio*

2.11.2 الشلك *Aspius vorax*

سمكة مهمه اقتصادياً تنتمي الى عائلة Cyptinidae غير مؤهله للاستزراع لقلة مساحة الخياشيم فيها حيث لا تمكنها من التبادل الغازي في المياه قليلة الاكسجين ، يكثر هذا النوع بشكل رئيسي في الاهوارالجنوبية العراقية ونهري دجلة والفرات وروافدهما والبحيرات ، ويتغذى على الاسماك الصغيرة والحشرات المائية والقشريات بالإضافة الى النباتات المائية والطحالب وهي ذات محتوى دهني عالي، تتواجد في الأجزاء العميقة من الانهار في كانون الاول والثاني ويدخل الاهوار والبحيرات في نهاية شباط وبداية أذار لكي يتكاثر ويتم التفريخ على القيعان ذات الحصى كما في القطان او على النباتات المائية ، الصورة (5).

Or. : Cypriniformes

Fa. : Cyprinida

G. *: Aspius*

Sp. : *A. vorax*

(5) : سمكة الشلكَ *Aspius vorax*

3.11.2 صغير الكطان *Barbus xanthopterus*

ينتشر هذا النوع في المياه العميقة من البحيرات والاهوار ذات الكثافة النباتية وبنسبه أقل في الانهار وفروعها، الذكور تفوق الاناث في اماكن التكاثر فالأسماك الناضجة تتحرك الى أعلى النهر خلال أشهر شباط - اذار حيث اماكن التكاثر و تلقى البيوض على الحصى الناعم في اخاديد واسعة تحفرها الاسماك بنفسها وتغطى بالرمل الخشن وتعود الاسماك الى السطح الاسفل بعد التفريخ ، اما الاسماك الصغيرة منها فتبقى في الاخاديد العميقة من البحيرات عكس الكبيرة التي تهاجر الى أعالي الانهر للتكاثر وبحثاً عن المياه الباردة وهذه الاسماك تستطيع مقاومة قلة الاكسجين، تتغذى الاسماك على الدبال العضوي والنباتات والبذور الأرضية والطحالب وبنسبه اقل على الحشرات والنواعم والقشريات ويرقات الحشرات والاسماك وقد يحصل على المادة العضوية من تناول الطين من القاع ويمكن استزراعه في الاحواض الترابية، يوجد طلب عالي على هذا النوع من الاسماك العراقية ويتم الاحتفاظ بها في مزارع واحواض الاسماك في العراق، الصورة (6).

Or. : Cypriniformes

Fa. : Cyprinidae

G. : *Barbus*

Sp. : *B. xanthopterus*

الصورة (6) : سمكة صغير الكطان *Barbus xanthopterus*

4.11.2 الشانك *Acanthopagrus latus*

ينتشر هذا النوع في المياه العذبة والمالحة في كثير من البلدان دخلت للمياه الداخلية العراقية بطريقة غير معروفة وتمتاز بسرعة نموها وقدرة التحمل العالية للمياه ذات النوعية المنخفضة الأكسجين، سجل وجودها في جنوب العراق ومن ضمنها نهر دجلة وهور الحمار وشط العرب ويتواجد في الخليج العربي، يقطن المياه الداخلية العذبة فوق القيعان الرملية والصخرية.

يتغذى على شوكية الجلد والديدان والحشرات والقشريات والنواعم والنباتات والطحالب، معظم الانواع خنثى فيمكن ان تتحول من جنس الى اخر وموسم التكاثر يمتاز بكونه طويل يمتد من شهر شباط الى شهر نيسان والخصوبة تصل الى 3,837,000 بيضة وتعتبر سمكة تغذية جيدة متوفرة في الاسواق العراقية وفي الخليج العربي، الصوره (7).

Or. : Cypriniformes

Fa.: Sparidae

G. : Acanthopagrus

Sp. : *A.latus*

الصورة (7) : سمكة الشانك *Acanthopagrus latus*

5.11.2 الخشني *Liza abu*

يعد من اسماك التغذية المهمة اقتصادياً في جنوب العراق ويمكن استزراعه بسبب ارتفاع معدل نموه وهو من اكثر الانواع حساسية للتلوث، يتواجد في المياه العذبة كنهري دجلة والفرات وروافدهما وشط العرب والجداول وقنوات والمبازل والبحيرات وفي الاحواض الترابية وقد تدخل احياناً المصبات ويسود ايضاً في الاهوار الجنوبية ويشكل مع اسماك الكارب الانواع السائدة ، سجلت الدراسات العراقية تواجد هذا النوع في المياه السطحية ويستطيع تحمل التغيرات المفاجئة والسريعة في درجة الحرارة وقلة الاكسجين.

طبيعة التغذية في هذا النوع معقده وتتأثر بالعديد من العوامل المختلفة بما في ذلك تنقلها ومدى توفر الاحياء ومرحلة النمو والجنس والعوامل البيئية وتتغذى على المواد العضوية والمخلفات والحشرات والطحالب الخضراء والاعشاب والمواد القاعية حيث تشكل المواد العضوية الاستهلاك الاعلى في النظام الغذائي للإناث بينما تشكل الاعشاب والطحالب الخضراء الاستهلاك الاعلى في النظام الغذائي للذكور.

يكون موسم التكاثر في نهاية شهر شباط الى منتصف اذار ويحدث النضج بصورة مبكرة اكثر في المياه الاكثر ملوحة، والبيوض تلقى وتلتصق على النباتات المائية، يتكاثر مرتين في كل سنة.

وهذا النوع يعتبر من الاسماك المفضلة للطيور اكلة الاسماك بسبب وفرته وسباحته عند سطح الماء وهو ذات قيمة اقتصادية عالية ويتم توزيعه على نطاق واسع في العديد من البلدان ومناسب كدليل حيوي وقد تم استخدامه للدراسة لكونه متوفر طوال السنة وبصوره مستمرة، الصورة (8).

Or. : Mugiliformes

Fa. : Mugilidae

G. : *Liza*

Sp. : *L. abu*

الصورة (8) : سمكة الخشني *Liza abu*

12.2. التحليل الاحصائي Statistical analysis

أستخدم البرنامج الاحصائي Statistical package for social science (SPSS) في التحليل الاحصائي لنتائج هذه الدراسة وباستخدام تحليل التباين (ANOVA test –one way) تحت مستوى معنوي 0.05 وتم أستخرج معامل الارتباط Correlation coefficient (r) لايجاد العلاقة بين المتغيرات الفيزيائية والكيميائية وتراكيز مركبات PCBs في المياه والرسوبيات والاسماك .

الفصل الثالث

النتائج والمناقشة

Results and Discussion

1.3. الفحوصات الفيزيائية والكيميائية لمياه نهر دجلة

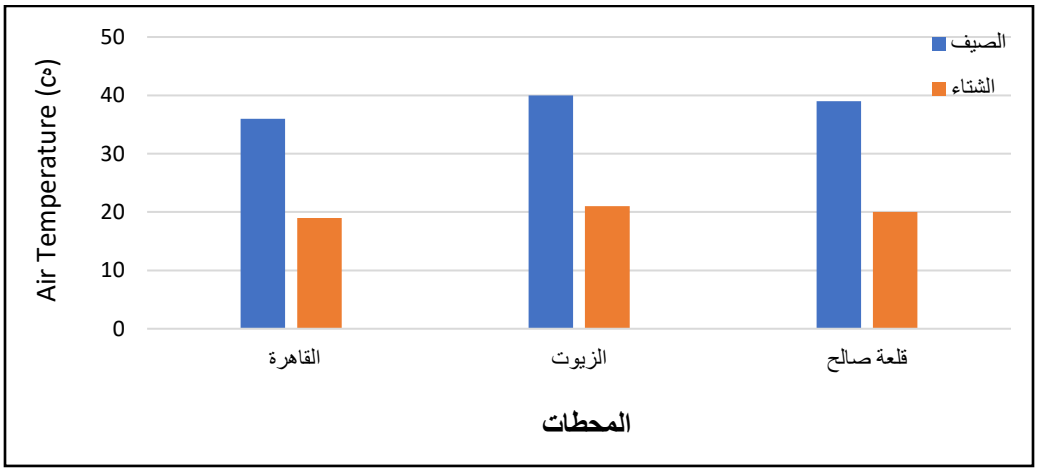
1.1.3 درجة حرارة الماء والهواء Air and Water Temperature

سجلت ادنى قيمة لدرجة حرارة الهواء 19 مْ في محطة القاهرة خلال فصل الشتاء و اعلاها 40 مْ في محطة الزيوت خلال الصيف بينما تراوحت التغيرات الفصلية لدرجة حرارة المياه بين (12-33) مْ في قلعة صالح و الزيوت خلال فصلي الشتاء و الصيف على التوالي كما في الشكلين (6-7) .

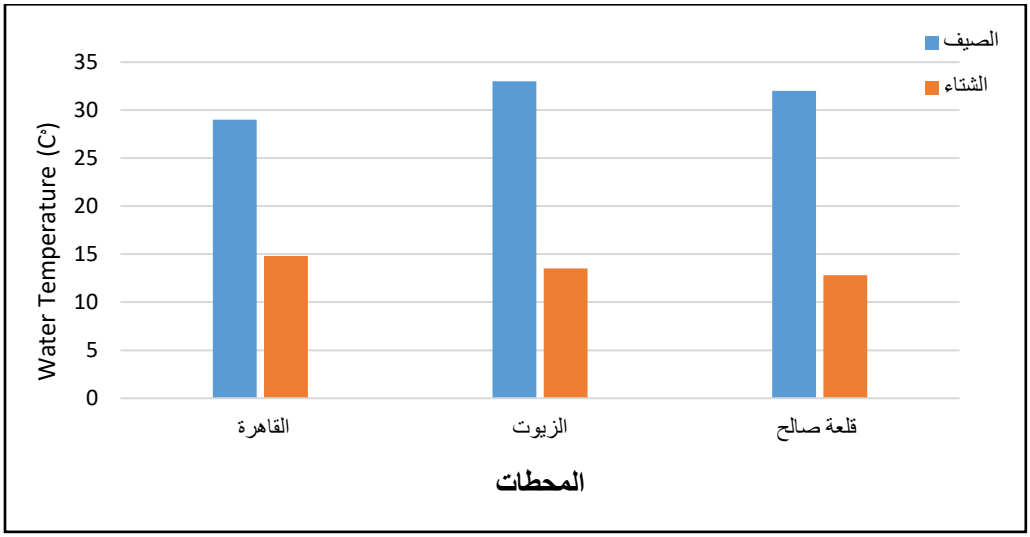
العلاقة طردية بين درجة حرارة المياه ودرجة حرارة الهواء (r=0.993) الملحق (8) حيث ترتفع صيفاً وتنخفض شتاءاً وذلك لكون الماء يكتسب الحرارة ويفقدها ببطء اضافةً الى سرعة جريان المياه التي تجعل فترة بقاءه تحت اشعة الشمس تكون قصيرة مما تجعل الماء يحتفظ بدرجة حرارته ولا يكتسب كميات كبيرة من درجات الحرارة (الحجاج ،2019).

يعود سبب الاختلافات الموقعية في درجات حرارة الهواء والماء الى اختلاف وقت جمع العينات من المحطات، بينما التغيرات الموسمية فتعود الى ما يتميز به مناخ العراق بكونه مناخ قاري شبه استوائي حيث يكون حار جاف صيفاً وبارد ممطر شتاءاً وايضاً شدة الاشعاع الشمسي وطول فترة النهار خاصة خلال فصل الصيف والتغيرات المناخية التي تمر بها منطقة الدراسة المتمثلة بارتفاع درجات الحرارة بشكل ملحوظ وظاهرة التصحر والجفاف الناتجة عن تراجع معدل سقوط الامطار في المنطقة المدروسة (Salman *et al*.,2018).

اظهرت نتائج التحليل الاحصائي المبينة في الملحق (1) عدم وجود فروق معنوية واضحة في درجات حرارة الماء والهواء بين المحطات الثلاث ، ولكن لوحظ وجود تبايناً واضحاً بين الفصول تحت مستوى احتمالية $P \leq 0.05$



شكل (6): التغيرات الفصلية والموقعية لدرجة حرارة الهواء (مْ).



شكل (7) :التغيرات الفصلية والموقعية لدرجة حرارة المياه (م°).

2.1.3 الاس الهيدروجيني Potential Hydrogen (pH)

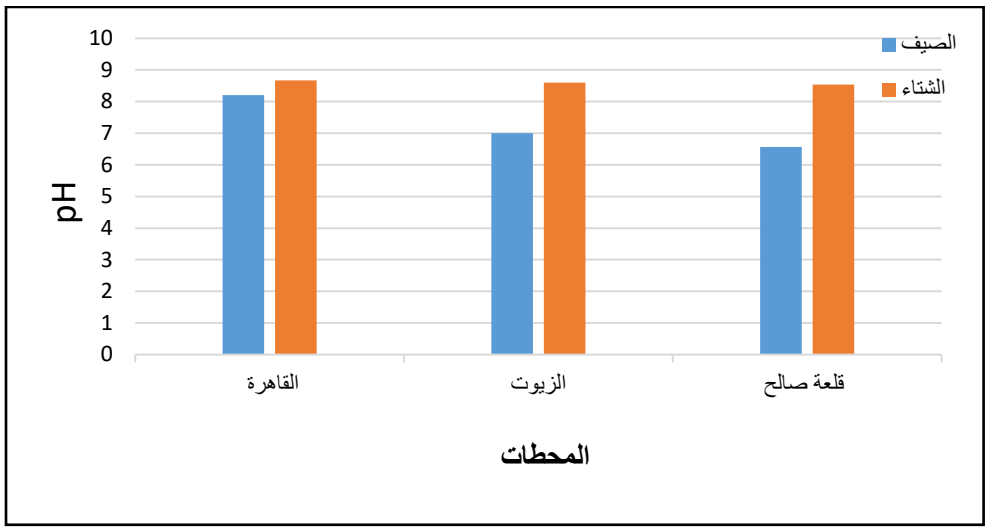
تبين من خلال النتائج الموضحة في الشكل (8) ان اعلى قيمة للاس الهيدروجيني 8.67 في محطة القاهرة خلال فصل الشتاء وادناها 6.57 في قلعة صالح خلال فصل الصيف.

ارتفاع قيمة الاس الهيدروجيني خلال فصل الشتاء يعزى الى انخفاض درجة الحرارة وهطول الامطار التي تجرف معها كميات من الاملاح او المعادن القلوية من المناطق المجاورة ، وكذلك غسل الترب المالحة وزيادة استهلاك ثنائي اكسيد الكربون من قبل الهائمات النباتية (اللهيبي ،2021). وكما هو معروف عن المياه العراقية فأن قيم الاس الهيدروجيني لهذه الدراسة تقع ضمن الاتجاه القاعدي بسبب زيادة تركيز الاملاح وتحرر ثاني اكسيد الكربون الذي يتحد مع الماء لينتج حامض الكربونيك وهذا يتأين الى البيكربونات ومن ثم الى الكربونات (Al- Gousous,2019).

اما انخفاض قيمة pH خلال فصل الصيف فيعود الى ارتفاع درجات الحرارة حيث توجد علاقة ارتباط عكسية لـ pH مع درجة الحرارة (r=-0.763) P≤ 0.05 الملحق (8) ، وكثرة طرح الفضلات البشرية والصناعية غير المعالجة الى المياه والتي تحتوي على المواد العضوية وتحللها واكسدتها من قبل الاحياء المجهرية مما يؤدي الى انخفاض pH (حمادي،2020).

اشارت نتائج التحليل الاحصائي المبينة في الملحق (2) عدم وجود اختلافات موقعية واضحة حيث سجلت غالبية قيم الـ pH بالاتجاه القاعدي لكن هناك تباين موسمي تحت مستوى احتمال P ≤ 0.05، ولم تتجاوز قيم الاس الهيدروجيني الحدود المسموح بها المحدده من قبل منظمة الصحة العالمية (WHO,2018) كما في الجدول (6).

وهذه النتيجة تتفق مع ما توصل اليه (جازع ، 2009) في دراسته لمياه نهر الكحلاء في محافظة ميسان ودراسات أخرى (الطاهر، 2019 ; Mohammed *et al*. ,2019) .



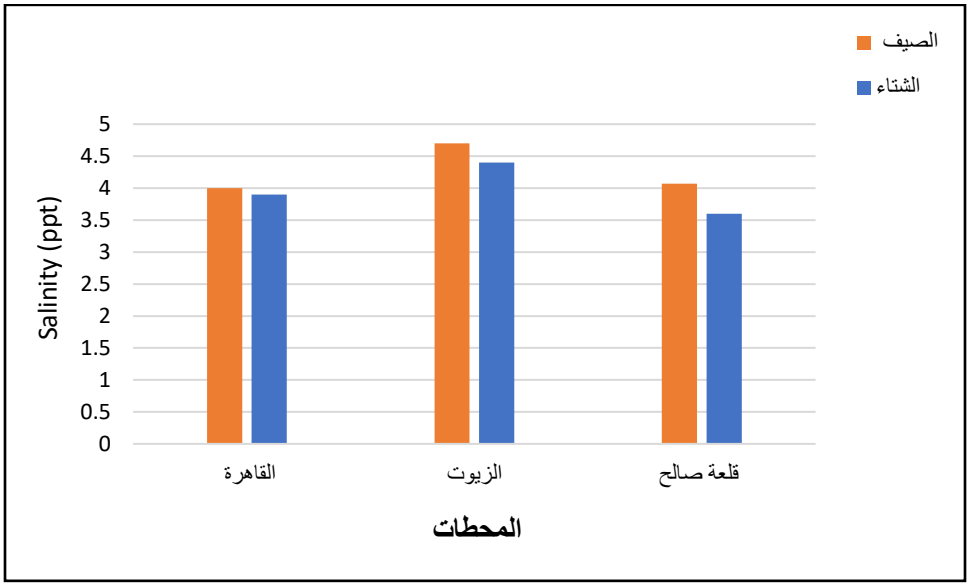
شكل (8): التغيرات الفصلية والموقعية للأس الهيدروجيني (pH)

3.1.3 الملوحة Salinity

سجلت نتائج الدراسة الحالية ارتفاع قيم الملوحة خلال فصل الصيف في كافة المواقع وكانت أعلاها 4.7 ppt في الزيوت خلال فصل الصيف بينما ادناها 3.6 ppt في قلعة صالح خلال فصل الشتاء كما في الشكل (9)

تعزى الاختلافات الموقعية الناتجة في محطة الزيوت الى الاختلافات في طبيعة النهر من حيث العمق والالتواءات فضلاً عن الأنشطة الصناعية الناتجة عن عمليات انتاج او معالجة الزيوت مما ينتج عنها مواد ملوثة تحتوي على املاح او مواد غير قابلة للتحلل او نتيجه لتسرب الزيوت والمواد الكيميائية من الخزانات و المعدات ، بالاضافة الى الاختلافات في كمية ونوعية مخلفات الصرف الصحي ومياه المبازل الزراعية المطروحة للنهر، واتفقت هذه النتيجه مع (علي ، 2020) في دراستها على نهر دجلة في محافظة ميسان.

واظهرت نتائج التحليل الاحصائي الموضحة في الملحق (2) عدم وجود فروق معنوية فصلية ووجود اختلاف معنوي لمحطة الزيوت عن بقية المحطات تحت مستوى احتمالية $P \leq 0.05$، وقد تجاوزت قيم الملوحة الحدود المسموح بها حسب المواصفات العراقية (الجدول، 6).



شكل (9) : التغيرات الفصلية والموقعية للملوحة (ppt)

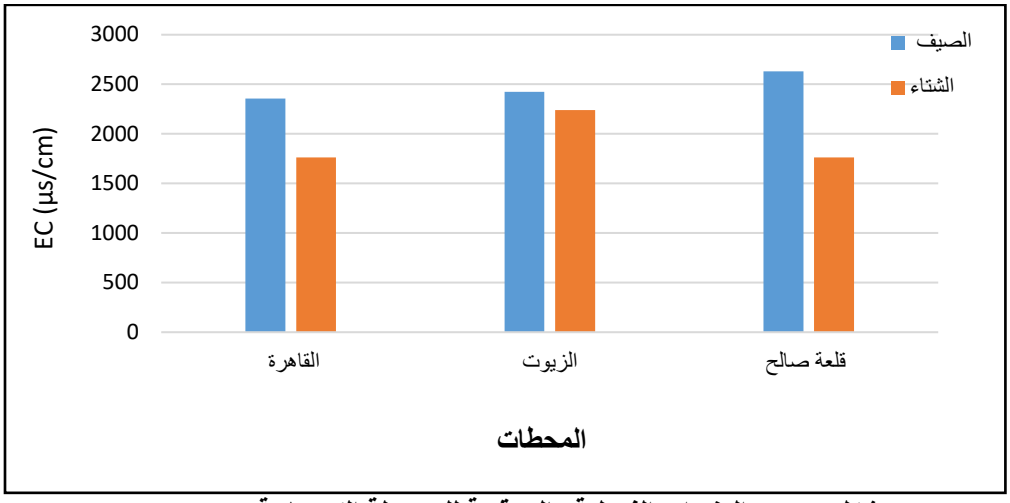
4.1.3 التوصيلية الكهربائية Electrical Conductivity (EC)

سجلت اعلى قيمه للتوصيلية الكهربائية µS/cm 2424 في الزيوت خلال فصل الصيف بينما ادناها µS/cm 1761 في قلعة صالح خلال فصل الشتاء كما في الشكل (10).

يعزى الاختلاف الفصلي في قيم التوصيلية الكهربائية الى التقلبات المناخية فخلال فصل الصيف تكون مرتفعة نتيجة لارتفاع درجات الحرارة التي تؤثر على زيادة حركة الجزيئات والذرات وزيادة وجود الايونات السالبة والموجبة وزيادة معدلات التبخر وبالتالي زيادة تراكم المعادن والاملاح ، اذ لوحظ وجود علاقة ارتباط موجبة بين التوصيلية الكهربائية ودرجات الحرارة (r=0.811) والملوحة (r=0.318) كما مبينه في الملحق (8) .

اما انخفاض قيمة التوصيلية الكهربائية خلال فصل الشتاء فيكون ناتج عن ارتفاع منسوب المياه بسبب زيادة معدلات الامطار وارتفاع تصريف المياه ، وقد يعزى ايضاً الى تغيير خصائص المياه كالكثافة واللزوجة وبذلك يكون اقل قدرة على التوصيل الكهربائي (الدليمي ، 2021) .

أما الاختلافات الموقعية لقيم التوصيلية الكهربائية ناتجة عن الطبيعة الجيولوجية للتربة التي تمر بها المياه المسببة في تحلل الايونات وربما تعود الى زيادة النفايات البشرية والصناعية غير المعالجة والمحتوية على العديد من الاملاح الذائبة وكذلك زيادة تدفق مياه البزل من الأراضي الزراعية المجاورة المحملة بالأسمدة والمبيدات (Lazim and Al-Nakeeb,2021). اشارت نتائج التحليل الإحصائية المبينة في الملحق (3) وجود فروق معنوية موقعية وفصلية لقيم التوصيلية الكهربائية تحت مستوى احتمالية 0.05 .

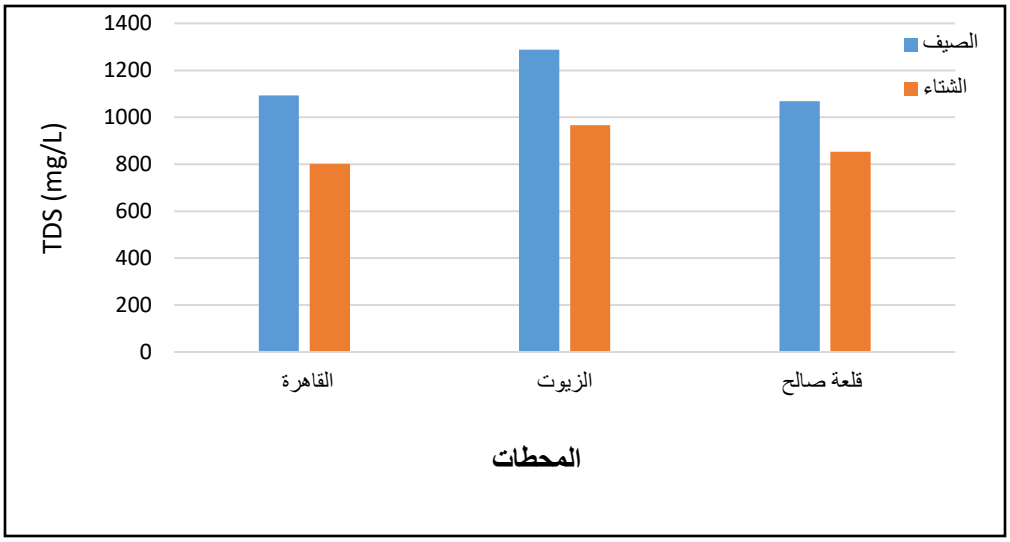


شكل (10): التغيرات الفصلية والموقعية للتوصيلة الكهربائية (µS/cm)

5.1.3 المواد الصلبة الذائبة الكلية Total Dissolved Solids (TDS)

بينت نتائج هذه الدراسة الموضحة في الشكل (11) ان اعلى قيمة لـ TDS سجلت 1288 ملغم / لتر في الزيوت خلال فصل الصيف ، بينما ادناها 801 ملغم / لتر في حي القاهرة خلال فصل الشتاء.

يعزى سبب هذه الاختلافات الموقعية الى زيادة طرح النفايات الصناعية والبشرية غير المعالجة وزيادة تدفق مياه البزل الناتجة عن النشاط الزراعي في مجرى النهر، يعود ارتفاع قيمة المواد الصلبة الذائبة الكلية خلال فصل الصيف الى ارتفاع درجات الحرارة وزيادة معدلات التبخر وانخفاض منسوب المياه ، اذ لوحظ هناك علاقة ارتباط طردية بين المواد الذائبة الكلية ودرجة الحرارة ($r=0.844$) $P \leq 0.05$ الملحق (8) ، في حين انخفاض قيمه المواد الصلبة الكلية خلال فصل الشتاء فيعود الى زيادة منسوب المياه الناتج عن ارتفاع معدلات سقوط الامطار وبالتالي حدوث التخفيف في تركيز هذه المواد وقد اتفقت هذه الدراسة مع دراسة (الجميلي واحمد، 2018، Mohammed *et al.*, 2019) في نهر دجلة ، اظهرت نتائج التحليل الاحصائي المبينة في الملحق (3) وجود فروق معنوية فصلية وموقعية تحت مستوى احتمالية 0.05 .



شكل (11): التغيرات الفصلية والموقعية للمواد الصلبة الذائبة الكلية (TDS)

جدول (6): الحدود المسموح بها للعوامل البيئية المدروسة حسب منظمة الصحة العالمية والمواصفات العراقية .

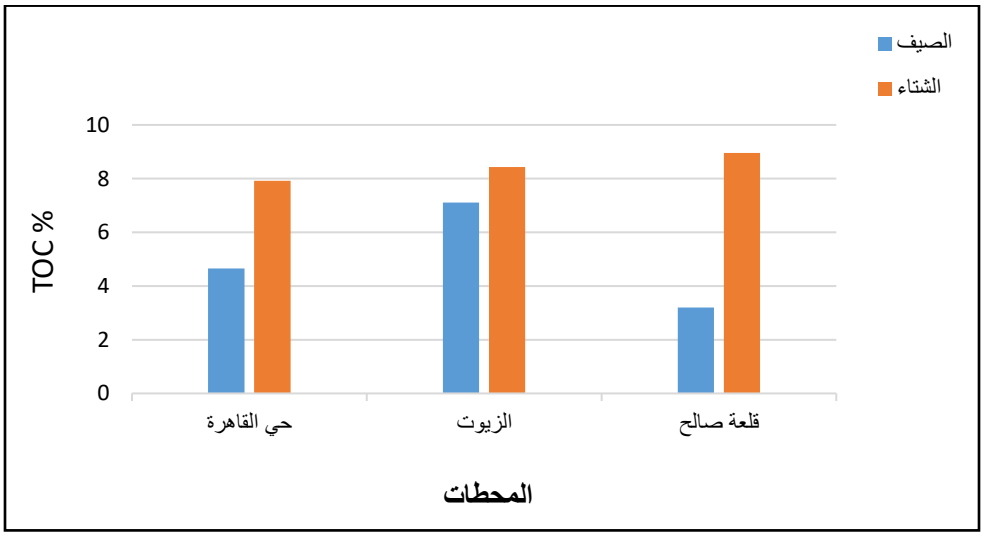
العوامل	منظمة الصحة العالمية (2018)	المواصفات العراقية	الدراسة الحاليه
الاس الهيدروجيني pH	8.5 - 6.5	8.5 – 6.5	8.67-6.57
التوصيلية الكهربائية (µS/cm)	2000	1000	2424-1761
الملوحة(ppt)	1 – 0.5	1 – 0.5	4.7-3.6
المواد الصلبة الذائبة الكلية (mg/L)	1500	1000	1288-801

6.1.3 الكاربون العضوي الكلي Total Organic Carbon (TOC)

بينت نتائج هذه الدراسة وجود اختلافات موقعية وفصلية في نسب الكاربون العضوي الكلي اذ سجلت أعلى نسبة مئوية للكربون العضوي الكلي في الرسوبيات 8.96% في قلعة صالح خلال الشتاء بينما ادنى نسبة مئوية 3.2 % في قلعة صالح خلال الصيف كما في الشكل (12) .

تعود الاختلافات الموقعية في نسب الكاربون العضوي في محطات الزيوت وقلعة صالح الى كمية ونوعية الفضلات التي تطرح وتحمل مع مياه الأنهار وتترسب على القاع فضلاً عن انخفاض التصريف النهري للمادة العضوية (Taban *et al*., 2024) .

وظهرت انماطاً موسمية مختلفة حيث بلغت ذروتها خلال الشتاء بسبب زيادة التراكم العضوي وزيادة تراكم الهائمات النباتية والحيوانية الميتة وترسيبها وزيادة كمية المادة العضوية الناتجة من الأنشطة البشرية حيث يتأثر محتوى الرواسب من المادة العضوية بنوعية المخلفات والفضلات التي تطرح وتحمل مع مياه الأنهار والتي ترتبط بشكل أساسي بالجسيمات العالقة ، اما انخفاضها خلال الصيف فيعود الى انخفاض هطول الامطار وزيادة عمليات التحلل الحيوي للمواد العضوية بواسطه الانزيمات الميكروبية عندما ترتفع درجة الحرارة (Ddamba, 2024) ، اوضحت نتائج التحليل الاحصائي المبينة في الملحق (6) وجود فروق معنوية موقعية وفصلية تحت مستوى احتمالية 0.05.



شكل (12): التغيرات الفصلية والموقعية لقيم الكاربون العضوي الكلي TOC خلال فصلي الصيف والشتاء

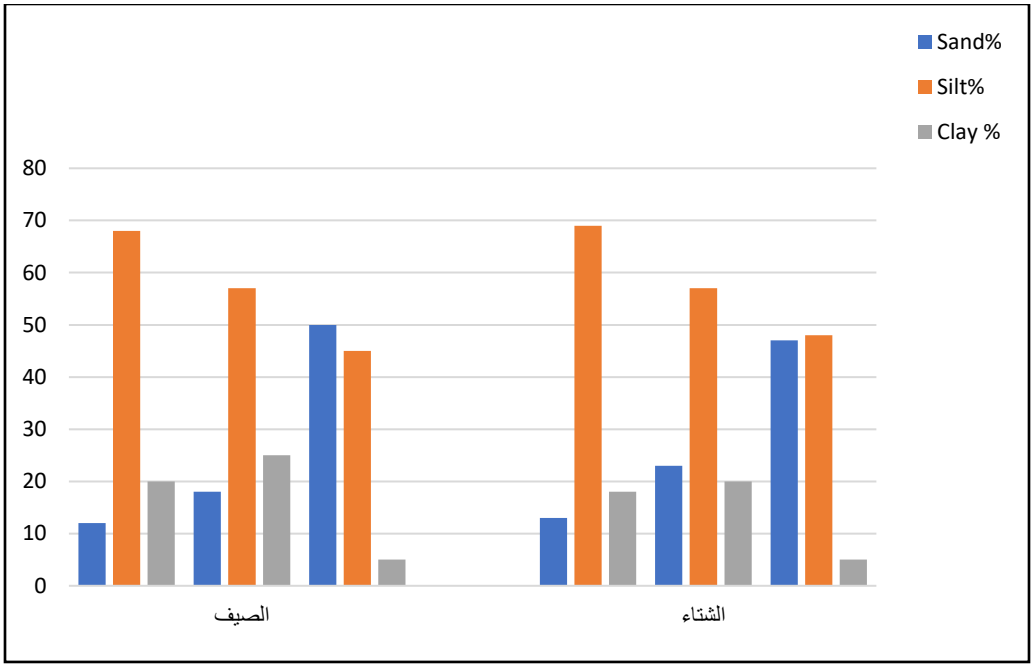
7.1.3 نسجة التربة Soil texture

اظهرت نتائج الدراسة الحالية للرسوبيات في نهر دجلة بانها تتكون من خليط من الرمل والطمئ والطين اذ سجلت اعلى نسبة للرمل 50% في قلعة صالح وادنى نسبة 12% في القاهرة اما الطمئ فقد سجلت اعلى نسبة 69% في القاهرة وادناها 45% في الزيوت في حين الطين كانت اعلى نسبة 25% في الزيوت وادنى نسبة 5% في قلعة صالح كما في شكل (13) .

تباينت نسبة نسجة التربة في الرسوبيات بين المحطات حسب الاصل الجيولوجي وتصريف الملوثات لكل محطة حيث بينت الدراسة وجود نسبة قليلة من الطين وتبدأ من قلعة صالح وترتفع وصولاً لمحطة القاهرة بينما تزداد نسبة الرمل بنفس الاتجاه في حين لوحظ ارتفاع في نسبة الجزء الغريني بالاتجاه المعاكس ، نتيجة لعمليات الترسيب والتاكل والنقل التي تحركها الرياح والتضاريس والمياه التي تزيد من محتوى الطمئ لنسيج التربة (Liu *et al.*, 2020)

كما لوحظ زيادة نسبة الرمل والغرين وانخفاض نسبة الطين في التربة حيث هناك علاقة ارتباط عكسية بين TOC والرمل وعلاقة طردية بين TOC والطين ، وفقاً لنتائج الدراسة وعن طريق مثلث التربة لنسب نسجة

الرسوبيات في نهر دجلة فهي غرينية رملية وهذا يتفق مع ماتوصل اليه (الحساني ،2023) في دراسته على نهر دجلة في محافظة ميسان (قلعة صالح) .



شكل (13): النسب المئوية للتغيرات الفصلية والموقعية لنسجه التربة في مناطق الدراسة

2.3 مركبات ثنائي الفينيل متعدد الكلور Polychlorinated Biphenyls PCBs

حددت الدراسة الحالية 12 نوعاً من مركبات ثنائي الفينيل متعدد الكلور الحاوية (3-9) من ذرات الكلور المستبدلة على حلقة البنزين في المواقع المدروسة، وظهرت الانواع جميعها في عينات المياه والرواسب والاسماك وتعتبر هذه المركبات كمؤشرات للتلوث البيئي ، بينما ظهر مركب واحد من مركبات PCBs الشبيهة بالديوكسين (Dioxin- like PCB) هو مركب PCB189 الذي يعد مؤشر على سمية المركبات .

1.2.3 مركبات PCBs في المياه PCBs in water

معظم تراكيز مركبات PCBs كانت منخفضة في عينات المياه لكونها قليلة الذوبان في المياه ومحبه للدهون مما يؤدي الى التراكم الحيوي لها بمرور الوقت كلما تقدمنا في سلسلة الغذاء (Mikolajczyk *et al*., 2020)

اظهرت نتائج الدراسة الحالية انخفاض تراكيز المركبات خلال فصل الصيف وارتفاعها خلال فصل الشتاء في المحطات المدروسة ماعدا في الموقع الأول أظهرت العكس ، اذ تراوحت التراكيزفي القاهرة بين 1.50 نانوغرام/لترشتاءاً و 2.76 نانوغرام /لتر في الزيوت صيفاً ، وفي الزيوت بين 1.88 نانوغرام /لتر خلال الصيف و 3.53 نانوغرام/ لترشتاءاً ، وفي قلعة صالح كانت التراكيزبين 1.55 نانوغرام/لتر صيفاً و 1.68 نانوغرام/ لتر شتاءاً ، لوحظ هيمنة متجانسات منخفضه الكلور في المياه حيث تراوحت بين (0.39) نانوغرام /لتر في محطة الزيوت صيفاً و(2.33) نانوغرام/لترفي محطة القاهرة في نفس الفصل، ومتجانسات عالية الكلور بين (0.43) نانوغرام /لترفي محطة القاهرة صيفاً و(1.49) نانوغرام/ لتر في الزيوت خلال نفس الفصل كما في الجداول (7-8) والشكل (14).

تعزى التغايرات الموقعية الى اختلاف مصادر التلوث الرئيسية للمياه اذ تصل مركبات PCBs الى المياه من مصادر متعددة وتشكل المصادر البشرية المصدر الرئيسي لتلوث البيئة المائية (الحساني ، 2023).

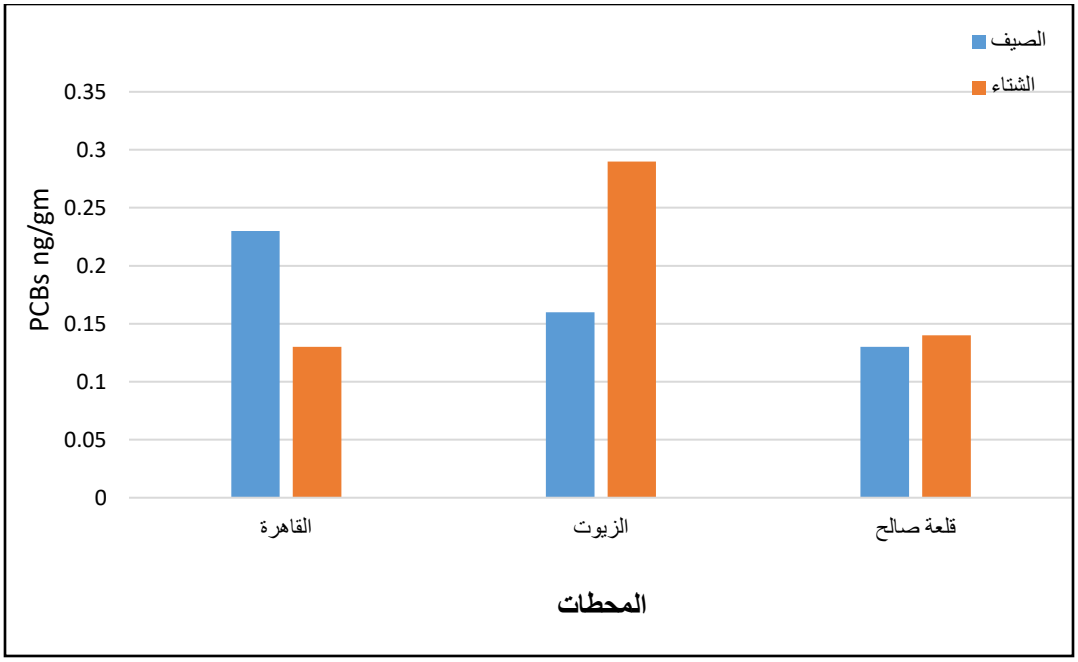
أما بالنسبه للتباينات الموسمية ففي فصل الصيف يعزى انخفاض تراكيز مركبات PCBs الى ارتفاع درجات الحراره وتطاير هذه المركبات من المياه ، وزيادة النشاط الميكروبي خلال فصل الصيف فضلاً عن حدوث عمليات الاكسدة الضوئية التي تحول هذه المركبات المعقدة الى مركبات بسيطة (Wang *et al*., 2023;Jiang *et al*., 2024).

بينما ارتفاعها خلال الشتاء فيعزى الى زيادة سقوط الامطار وزيادة الترسيب الجوي والجريان السطحي للمركبات وانخفاض نشاط الاحياء الدقيقة وانخفاض التطاير، وقد اتفقت هذه النتيجة مع دراسة الزباد (2021) .

بينت الدراسة ان اعلى نسبة مئوية لمركبات PCBs السائدة في المياه هي مركبات PCB18, PCB52, PCB189 لكونها واسعة الاستخدام في المنتجات الصناعية تليها مركبات PCB138 ,PCB194, PCB101 وبقية المركبات .

اظهرت نتائج التحليل الاحصائي المبينة في الملحق (4) وجود فروقات معنوية فصلية وموقعية لقيم مركبات PCBs في عينات المياه تحت مستوى احتمالية 0.05 ($P \leq 0.05$)

وعند مقارنة نتائج الدراسة الحالية مع الدراسات المحلية والعالمية السابقة والموضحة في الجدول (9) كانت ضمن المستوى المقبول عالمياً حيث لا توجد حدود لهذه المركبات في المياه العراقية، يبلغ الحد الأقصى المسموح به حسب منظمة حماية البيئة الامريكية 500 نانوغرام/ لتر (USEPA,2009).



شكل (14):التغيرات الفصلية والموقعية لتراكيز مركبات PCBs الكلية (نانوغرام /لتر) في المياه

جدول (7) : تراكيز مركبات PCBs (نانوغرام/لتر) في المياه خلال الصيف

اسم المركب	القاهرة	الزيوت	قلعة صالح
PCBs18	0.59	0.24	0.35
PCBs28	0.00	0.00	0.00
PCBs31	0.04	0.00	0.00
PCBs44	0.03	0.03	0.00
PCBs52	0.88	0.00	0.70
PCBs101	0.79	0.12	0.02
∑LMWPCBs	2.33	0.39	1.07
PCBs138	0.00	0.48	0.07
PCB+s141	0.08	0.06	0.02
PCBs149	0.08	0.06	0.01
PCBs153	0.02	0.02	0.02
PCBs189	0.00	0.72	0.33
PCBs194	0.25	0.15	0.03
∑HMWPCBs	0.43	1.49	0.48
TOTAL PCBs	2.76	1.88	1.55

جدول (8) : تراكيز مركبات PCBs (نانوغرام/ لتر) في المياه خلال الشتاء

اسم المركب	القاهرة	الزيوت	قلعة صالح
PCBs18	0.10	0.77	0.02
PCBs28	0.06	0.04	0.02
PCBs31	0.04	0.42	0.01
PCBs44	0.05	0.11	0.02
PCBs52	0.03	0.84	0.32
PCBs101	0.22	0.00	0.03
∑LMWPCBs	0.50	2.18	0.42
PCBs138	0.00	0.00	0.00
PCB+s141	0.02	0.22	0.04
PCBs149	0.55	0.16	0.28
PCBs153	0.09	0.13	0.03
PCBs189	0.07	0.70	0.55
PCBs194	0.27	0.14	0.36
∑HMWPCBs	1.00	1.35	1.26
TOTAL PCBs	1.50	3.53	1.68

HMW = High Molecular Weight
LMW = Low Molecular Weight

جدول (9): مقارنة تراكيز مركبات PCBs في عينات المياه المدروسة مع بعض الدراسات العالمية والمحلية

منطقة الدراسة	البلد	التركيز	المصدر
Nile River	مصر	20 -14	Megahed *et al*. (2015)
Ogun River	نيجيريا	0.006 - 0.00006	Ajagbe *et al.* (2018)
Larak coral Sea	ايران	3.10 - 0.97	Jafarabadi *et al*. (2019)
Yangtze River	الصين	153 - 0,04	Cui *et al*. (2020)
Epe Lake	نيجيريا	6 -3,20	Bamidele *et al*.(2020)
Beiluo River	الصين	1.92 – 0.065	Wang *et al*. (2023)
Bohai Bay	الصين	581.4 - 21.0	Jiang *et al*. (2024)
Shatt Al-Arab River	العراق	24.83 – 2.61	الزباد (2021)
Tigris River	العراق	18.804 -1.195	الحساني (2023)
Tigris River	العراق	3.53 – 1.50	الدراسة الحالية

2.2.3 مركبات PCBs في الرواسب PCBs in Sediments

تراوحت تراكيز مركبات PCBs بين (1.37-12.18) نانوغرام/غرام وزن جاف في القاهرة ، وفي الزيوت بين (1.24-11.48) نانوغرام/غرام وزن جاف ، وفي قلعة صالح بين (1.12-6.55) نانوغرام/غرام وزن جاف خلال الصيف والشتاء على التوالي ، لوحظ وجود اختلافات في مستويات PCBs الكلية من موقع لأخر ومن فصل الى اخر ويعزى ذلك الى طبيعة الرواسب وحجم جسيماتها، حيث لوحظ ارتفاع تراكيز هذه المركبات خلال فصل الصيف وانخفاضها خلال فصل الشتاء بين المواقع المدروسة عكس ما لوحظ في المياه كما في الجداول (10-11) والشكل (15).

الاختلافات الموقعية لقيم هذه المركبات ربما تعود الى عدة عوامل مثل الانشطة البشرية المتنوعة والخصائص الفيزيائية والكيميائية كقابلية الذوبان لهذه المركبات وpH والملوحة ودرجة الحرارة وغيرها فضلاً عن الطبيعة الجيولوجية للرواسب مثل كمية المادة العضوية وطبيعة وحجم الحبيبات المكونة للرواسب (De Souza *et al*., 2018)

ربما يعزى ارتفاع تراكيز مركبات PCBs في محطة القاهرة والزيوت خلال فصل الصيف الى كونهما تمثلان مواقع ذات كثافة سكانية عالية ، إضافة الى تأثير الاضطرابات المائية الناتجة عن حركة القوارب ذهاباً وايابا ودخول المخلفات المنزلية والصناعية المحملة بالملوثات الكيميائية المختلفة (Wang *et al.,* 2019) ، فضلاً عن زيادة عمليات الاكسدة الكيميائية للمركبات العضوية خلال فصل الصيف وانخفاض منسوب المياه ، كما لوحظ ان نسجة الرواسب في هذه المحطات كانت غرينية طينية تساهم في تراكم هذه المركبات اذ انه كلما صغر حجم الحبيبات في الرواسب كلما أزداد تراكم المركبات فيها (Deng *et al*., 2020) .

اما انخفاض تركيزها خلال فصل الشتاء فيعزى الى انخفاض درجات الحرارة اذ هناك علاقة ارتباط موجبة بين درجات الحرارة وتراكيز PCBs الكلية في الرواسب ($r=0.871$) $P\leq 0.05$ ملحق (8)، وهطول الامطار وزيادة منسوب المياه وبالتالي يخفف من تركيز هذه المركبات في الرواسب (Cao *et al*., 2019) ، وكما ان زيادة تدفق المياه يساهم في نقل الرواسب المحملة بهذه المركبات بعيداً عن المناطق الاكثر تركيزاً وترسبها في مناطق اخرى قد تكون اقل تركيزاً وهذا يؤدي الى انخفاض هذه المركبات في المناطق السابقة ، فضلاً عن ذلك أن زيادة التيارات المائية قد تؤدي الى اختلاط الرواسب مع عمود الماء بفعل الحركة الدورانية للمياه من الاعلى الى الاسفل وبالعكس وبالتالي تجرف معها الرواسب المحملة بالملوثات نحو عمود الماء (Cui *et al*., 2020a)

كشفت دراسة علاقة الارتباط الاحصائي التي أجريت بين الكربون العضوي وتراكيز PCBs الكلية في الرواسب عن وجود علاقة ارتباط ايجابي($r=0.699$-0.771) خلال الصيف والشتاء، كما في الملحق (8) ، وتفسير ذلك يعود الى ان جزءاً من مركبات PCBs يعاد اذابتها في المياه ومن ثم في الجسيمات غير العضوية بسبب التحلل العالي لجسيمات الكربون العضوي وهذا يشير الى تاثير الكربون العضوي في حركة ومصير المركبات في عينات الرواسب (Ediagbonya *et al*., 2023). وان الرواسب ذات الحبيبات الدقيقة كالطمئ والرمل الناعم تميل لامتصاص المواد الكيميائية العضوية وبالتالي زيادة تراكيز مركبات PCBs (Gonul, 2024) .

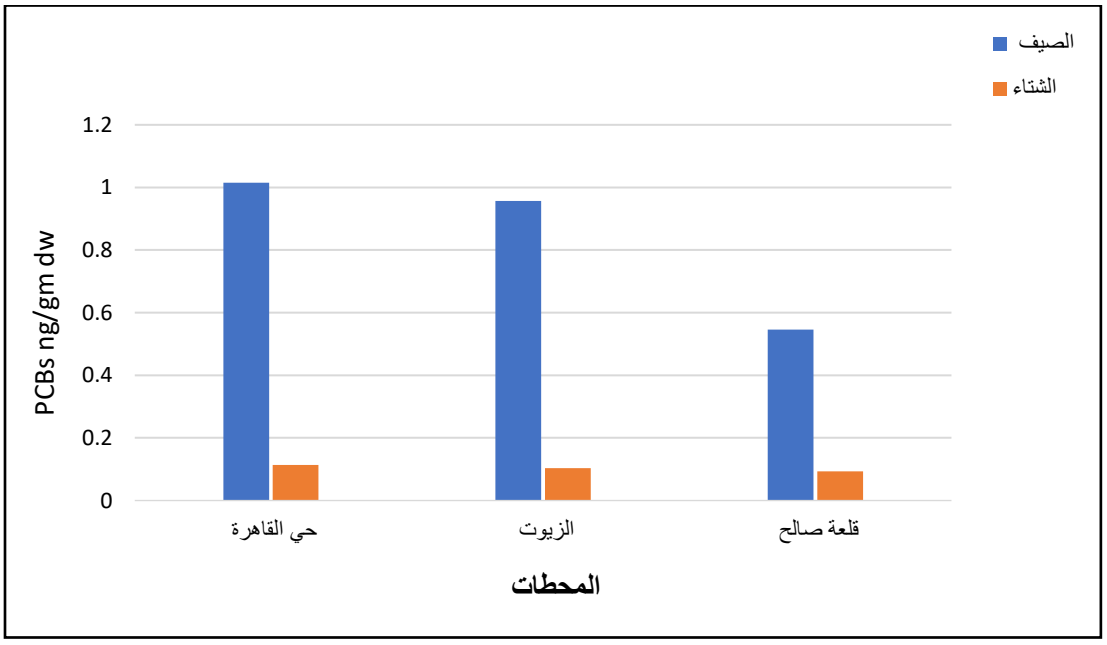
سادت متجانسات PCBs عالية الكلور في الرواسب اذ تراوحت بين (0.17-7.37) نانوغرام/غرام والمنخفضة الكلور بين (0.88-6.66) نانوغرام/غرام وزن جاف خلال الصيف والشتاء على التوالي .

يعزى سيادة متجانسات عالية الكلور خلال الصيف الى كونها تمتاز بانها اقل ذوباناً في الماء وبالتالي فانها تكون متراكمه على سطوح الحبيبات وتكون مقاومة للتحلل البايلوجي الذي يكون بطيئاً جداً في الرواسب بسبب فترات نصف العمر، كما ان الثباتية لهذه المركبات تزداد مع زيادة عدد ذرات الكلور ، وانها تنتج من المصادر المحلية وبالتالي فان هذه المتجانسات تكون اعلى تركيزاً في الرواسب من منخفضة الكلور (Irerhievwie *et al*., 2020) اما هيمنة المتجانسات منخفضة الكلور خلال فصل الشتاء فيعزى الى ارتفاع منسوب المياه مسبباً في هجرتها من الأعماق الى عمود الماء نتيجة لهطول الامطار وحركة الرياح بالإضافة الى انها تنتج من مدخلات خارجية كالترسيب الجوي (Rayhan *et al*., 2024).

بينت الدراسة الحالية ان اعلى نسبة مئوية لمركبات PCBs السائدة في الرسوبيات هي مركبات PCB18, PCB44 (ثلاثية الكلور) ويعود سبب ذلك لاستخدامها على نطاق الواسع في المنتجات التجارية والسلع الكهربائية بالإضافة لمصادرها الغير نقطية (Khaled-Khodja *et al*., 2023).

تليها PCB153 (سداسي الكلور) لانبعاثه من الزيوت المستخدمة في محركات البنزين (Zhong *et al*., 2020) و مركب PCB189 (سباعية الكلور) ، وبنسبة اقل مركبات PCB28,PCB31,PCB194 والمركب PCB189 هو المركب الوحيد من مركبات PCB الشبيهة بالديوكسين (Dioxin – like PCB) .

وعند مقارنة نتائج الدراسة الحالية مع الدراسات المحلية والعالمية السابقة لوحظ انها تقع ضمن الحدود المسجلة عالمياً في بيئات غير ملوثة واقل بكثير مما سجل في بيئات ملوثة، بينما كانت اقل مقارنةً بالدراسات المحلية السابقة كما في الجدول (12).



شكل (15):التغيرات الفصلية والموقعية لمعدل تراكيز مركبات PCBs (نانوغرام /غرام وزن جاف) في الرواسب

جدول (10) : تراكيز مركبات PCBs (نانوغرام/غرام وزن جاف) في الرواسب خلال الصيف

اسم المركب	القاهرة	الزيوت	قلعة صالح
PCBs18	2.16	0.96	0.58
PCBs28	0.23	0.99	0.04
PCBs31	0.00	0.80	0.00
PCBs44	0.94	2.66	1.10
PCBs52	0.77	1.10	1.20
PCBs101	0.71	0.15	0.06
∑LMWPCBs	**4.81**	**6.66**	**2.98**
PCBs138	1.72	0.64	0.00
PCB+s141	1.91	0.31	0.27
PCBs149	0.52	1.49	0.25
PCBs153	1.41	1.60	0.55
PCBs189	1.55	0.61	2.33
PCBs194	0.26	0.17	0.17
∑HMWPCBs	**7.37**	**4.82**	**3.57**
TOTAL PCBs	**12.18**	**11.48**	**6.55**

جدول (11): تراكيز مركبات PCBs (نانوغرام/غرام وزن جاف) في الرواسب خلال الشتاء

اسم المركب	القاهرة	الزيوت	قلعة صالح
PCBs18	0.31	0.30	0.55
PCBs28	0.00	0.06	0.05
PCBs31	0.04	0.02	0.09
PCBs44	0.02	0.00	0.00
PCBs52	0.25	0.19	0.11
PCBs101	0.41	0.31	0.15
∑LMWPCBs	**1.03**	**0.88**	**0.95**
PCBs138	0.01	0.02	0.07
PCBs141	0.00	0.00	0.04
PCBs149	0.00	0.00	0.00
PCBs153	0.31	0.27	0.05
PCBs189	0.00	0.02	0.00
PCBs194	0.02	0.05	0.01
∑HMWPCBs	**0.34**	**0.36**	**0.17**
TOTAL PCBs	**1.37**	**1.24**	**1.12**

جدول (12): مقارنة تراكيز مركبات PCBs في عينات الرواسب المدروسة مع بعض الدراسات العالمية والمحلية

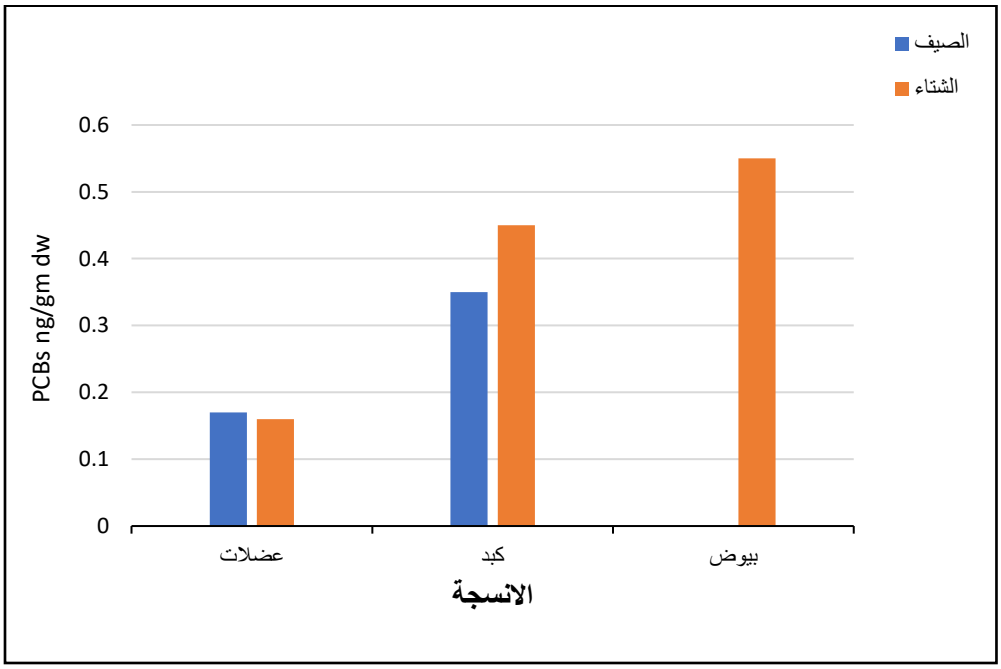
منطقة الدراسة	البلد	التركيز ng/g (dw)	المصدر
Napoleon Bay	اوغندا	0.362-1.848	Ssebugere *et al*. (2014)
Manzala Lake	مصر	19-69	El-kady *et al*. (2017)
Ogun River	نيجيريا	7.8-10	Ajagbe *et al*. (2018)
Santos River	البرازيل	190.7-295.5	De souza *et al.* (2018)
Larak coral Sea	ايران	7.95-2.95	Jafarabadi *et al*. (2019)
Niger Delta	نيجيريا	277-6.9	Irerhievwie *et al.* (2020)
Yangtze River	الصين	69-0.33	Cui *et al*. (2020)
Chaobai River	الصين	70.6-0.125	Yang *et al*. (2020)
Epe Lake	نيجيريا	860.7-405.5	Bamidele *et al*.(2020)
Shatt Al-Arab River	العراق	27.75-4.48	الزياد (2021)
Tigris River	العراق	36.5-11.5	الحساني (2023)
Tigris River	العراق	12.18-1.12	الدراسة الحالية

3.2.3 مركبات PCBs في الاسماك

تباينت تراكيز مركبات PCBs بين انواع الاسماك المدروسة خلال فصلي الصيف والشتاء حيث كانت التراكيز بصورة عامة في فصل الشتاء اعلى مما هي عليه خلال فصل الصيف عكس ما لوحظ في الرواسب.

تراوحت تراكيز مركبات PCBs في سمك *Cyprinus carpio* ما بين (1.89 – 6.56) نانوغرام/غرام ، وزن جاف في العضلات والبيوض على التوالي ، وسادت متجانسات عالية الكلور اذ تراوحت بين (0.78- 4.85) نانوغرام/غرام بينما منخفضة الكلور بين (0.39-2.38) نانوغرام/غرام وزن جاف من التراكيز الكلية للمركبات ، تراوحت تراكيزها في عضلات اسماك *C.carpio* ما بين (1.89-1.98) نانو غرام / غرام وزن جاف خلال الصيف والشتاء على التوالي، في الكبد تراوحت بين (4.24-5.4) نانوغرام/غرام وزن جاف خلال الشتاء والصيف على التوالي ، بينما تراكيزها في البيوض 6.56 نانوغرام /غرام خلال الشتاء . كما في الجداول (13-14) والشكل (16) .

كانت هناك سيادة واضحة لمركب PCB52 و مركب PCB138 في انسجة سمك الكارب *C.carpio* ومركب PCBs189 الذي يُعد من المركبات الشبيهة بالديوكسين وبالتالي يشكل خطراً على صحة الانسان وبنسب اقل PCB 101 , PCB149,PCB194 وبقية المركبات وذلك لانتشارها في البيئة المائية وأستخدامها الواسع خلال العديد من الانشطة الصناعية.



الشكل (16) تراكيز مركبات PCBs الكلية في انسجة وبيوض سمك *C. carpio*

جدول (13): تراكيز مركبات PCBs في انسجة سمك الكارب *C. carpio* (نانو غرام /غرام وزن جاف) خلال الصيف .

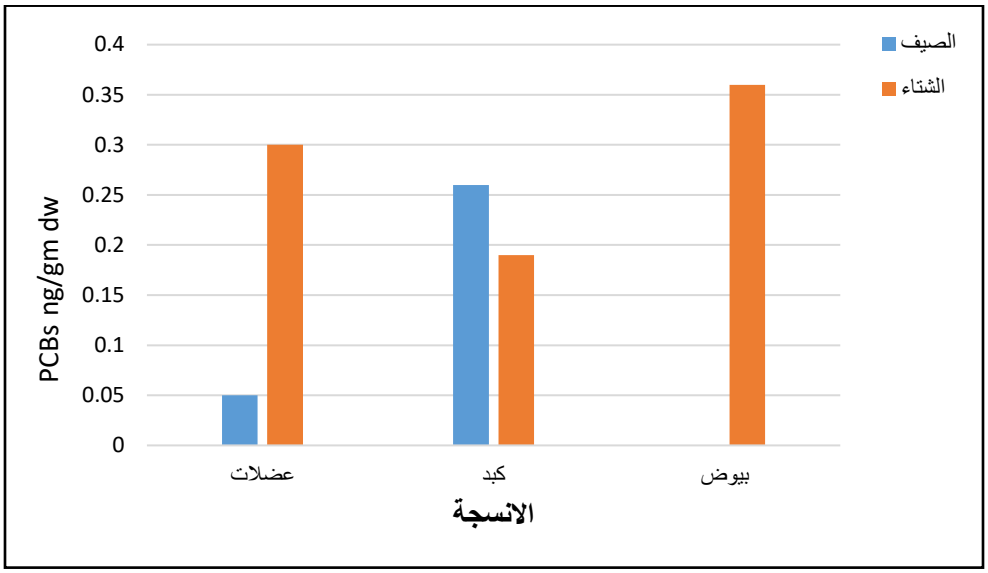
اسم المركب	العضلات	الكبد
PCBs18	0.21	0.00
PCBs28	0.00	0.00
PCBs31	0.01	0.36
PCBs44	0.00	0.01
PCBs52	0.11	1.70
PCBs101	0.06	0.26
∑LMWPCBs	**0.39**	**2.33**
PCBs138	0.12	0.60
PCBs141	0.90	0.00
PCBs149	0.02	0.19
PCBs153	0.02	0.00
PCBs189	0.21	1.03
PCBs194	0.32	0.09
∑HMWPCBs	**1.59**	**1.91**
TOTAL PCBs	**1.98**	**4.24**

جدول (14): تراكيز مركبات PCBs في انسجة سمك الكارب *C. carpio* (نانو غرام /غرام وزن جاف) خلال الشتاء .

اسم المركب	العضلات	الكبد	البيوض
PCBs18	0.27	0.53	0.17
PCBs28	0.03	0.05	0.08
PCBs31	0.02	0.24	0.07
PCBs44	0.68	0.58	0.02
PCBs52	0.08	0.48	0.38
PCBs101	0.03	0.50	0.99
∑LMWPCBs	**1.11**	**2.38**	**1.71**
PCBs138	0.02	0.90	2.59
PCBs141	0.00	0.48	0.00
PCBs149	0.00	0.18	0.00
PCBs153	0.23	0.03	0.66
PCBs189	0.38	1.13	1.24
PCBs194	0.15	0.30	0.36
∑HMWPCBs	**0.78**	**3.02**	**4.85**
Total PCBs	**1.89**	**5.4**	**6.56**

وفي سمك *Liza abu* تراوحت تراكيز مركبات PCBs بين (0.62-4.26) نانوغرام/غرام وزن جاف في العضلات والبيوض على التوالي ، وظهرت سياده لمتجانسات منخفضة الكلور تراوحت بين (0.16-2.72) نانوغرام/غرام وزن جاف ، تراوحت تركيز مركبات PCBs في عضلات سمك *L.abu* بين (0.62-3.57) نانوغرام/غرام وزن جاف خلال الصيف والشتاء على التوالي، في الكبد بين (2.27-3.13) نانوغرام/غرام وزن جاف خلال الشتاء والصيف على التوالي ، بينما في البيوض بلغت 4.26 نانوغرام/غرام وزن جاف ، كما في الجداول (15-16) والشكل (17) .

اظهرت نتائج الدراسة سيادة المركبات PCB101,PCB194 في انسجة سمك *L. abu* تليها بنسب اقل PCB52, PCB153 , PCB31,PCB149,PCB189 وبقية المركبات لانتشارها الملحوظ في البيئة المائية.



الشكل (17) التغيرات الفصليه لمركبات PCBs السائده في انسجة وبيوض سمك *L.abu*

جدول (15): تراكيز مركبات PCBs في انسجة سمك *L. abu* (نانو غرام /غرام وزن جاف) خلال الصيف .

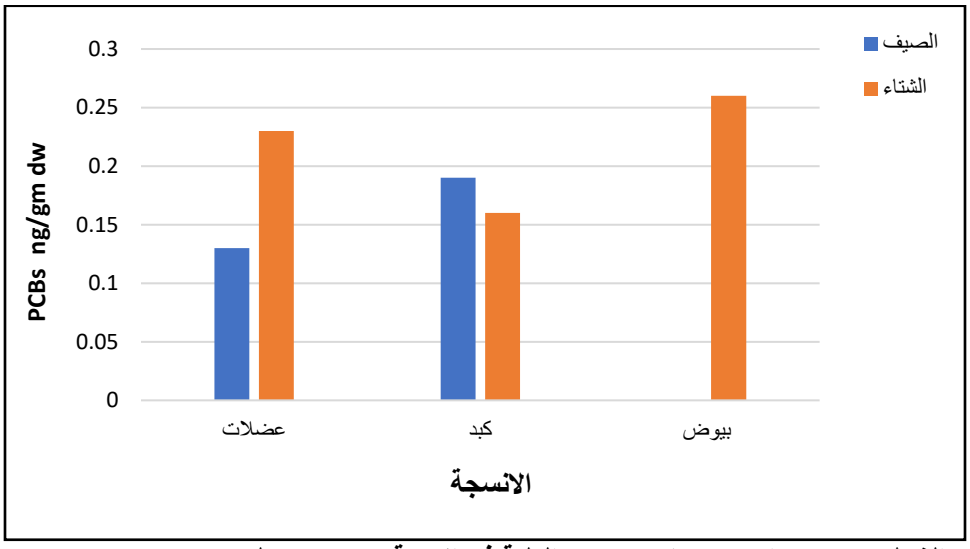
اسم المركب	العضلات	الكبد
PCBs18	0.06	0.20
PCBs28	0.03	0.22
PCBs31	0.00	0.18
PCBs44	0.01	0.01
PCBs52	0.03	0.30
PCBs101	0.03	0.67
∑LMWPCBs	**0.16**	**1.58**
PCBs138	0.02	0.28
PCBs141	0.04	0.08
PCBs149	0.02	0.56
PCBs153	0.03	0.36
PCBs189	0.19	0.04
PCBs194	0.16	0.23
∑HMWPCBs	**0.46**	**1.55**
Total PCBs	**0.62**	**3.13**

جدول (16): تراكيز مركبات PCBs في انسجة سمك *L. abu* (نانو غرام /غرام وزن جاف) خلال الشتاء

اسم المركب	العضلات	الكبد	البيوض
PCBs18	0.23	0.15	0.30
PCBs28	0.20	0.00	0.56
PCBs31	0.71	0.35	0.05
PCBs44	0.03	0.00	0.45
PCBs52	0.12	0.49	0.15
PCBs101	0.00	0.58	1.21
∑LMWPCBs	**1.29**	**1.57**	**2.72**
PCBs138	0.00	0.00	0.23
PCBs141	0.00	0.54	0.00
PCBs149	0.00	0.00	0.69
PCBs153	0.70	0.00	0.00
PCBs189	0.68	0.00	0.33
PCBs194	0.90	0.16	0.29
∑HMWPCBs	**2.28**	**0.70**	**1.54**
Total PCBs	**3.57**	**2.27**	**4.26**

أظهرت تراكيز هذه المركبات في انسجة سمك *Barbus xanthopterin* تبايناً في الانسجة المدروسة، اذ تراوحت تراكيزها في العضلات بين (2.76 - 1.57) نانوغرام /غرام وزن جاف خلال الصيف والشتاء على التوالي، وفي الكبد بين (2.27-1.88) خلال الشتاء والصيف على التوالي، بينما في البيوض 3.10 نانوغرام/غرام وزن جاف شتاءاً ، وتراوحت متجانسات منخفضة الكلور بين (2.41-0.38) نانوغرام/غرام ، بينما تراوحت عالية الكلور بين (1.19-0.27) نانوغرام/غرام وزن جاف ، كما في الشكل (18) والجداول (17-18) .

سادت مركبات PCB101, PCB52, PCB189 في انسجة سمك *B. xanthopterus* تليها مركبات PCB18,PCB194 وبقية المركبات..



الشكل (18) : تراكيز مركبات PCBs الكلية في انسجة وبيوض سمك *B. xanthopterus*

جدول (17) : تراكيز مركبات PCBs في انسجة سمك *B. xanthopterus* (نانوغرام /غرام وزن جاف) خلال الصيف

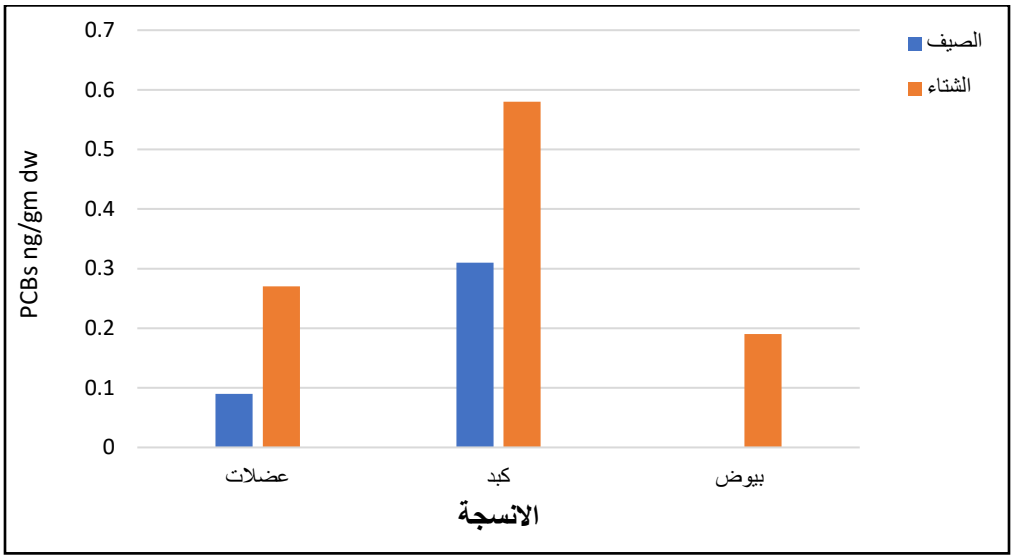
اسم المركب	العضلات	الكبد
PCBs18	0.16	0.21
PCBs28	0.03	0.05
PCBs31	0.00	0.20
PCBs44	0.00	0.03
PCBs52	0.16	1.15
PCBs101	0.03	0.36
∑LMWPCBs	**0.38**	**2.00**
PCBs138	0.08	0.00
PCBs141	0.01	0.00
PCBs149	0.00	0.07
PCBs153	0.00	0.00
PCBs189	0.42	0.07
PCBs194	0.18	0.13
∑HMWPCBs	**1.19**	**0.27**
Total PCBs	**1.57**	**2.27**

جدول (18): تراكيز مركبات PCBs في انسجة سمك *B. xanthopterus* (نانوغرام /غرام وزن جاف) خلال الشتاء.

اسم المركب	العضلات	الكبد	البيوض
PCBs18	0.32	0.04	0.41
PCBs28	0.02	0.28	0.00
PCBs31	0.03	0.47	0.00
PCBs44	0.03	0.03	0.65
PCBs52	0.39	0.28	0.20
PCBs101	0.88	0.00	1.15
∑LMWPCBs	**1.67**	**1.10**	**2.41**
PCBs138	0.27	0.00	0.00
PCBs141	0.00	0.00	0.00
PCBs149	0.00	0.00	0.15
PCBs153	0.44	0.21	0.22
PCBs189	0.00	0.50	0.00
PCBs194	0.38	0.07	0.32
∑HMWPCBs	**1.09**	**0.78**	**0.69**
Total PCBs	**2.76**	**1.88**	**3.10**

تراوحت تراكيز المركبات في انسجة سمك *A. vorax* بين (1.03-6.93) نانوغرام /غرام وزن جاف في العضلات والكبد على التوالي ، اذ تراوحت تراكيزها في الكبد بين (3.68-6.93) نانوغرام /غرام وزن جاف ، وفي العضلات بين (1.03-3.25) نانوغرام/غرام وزن جاف خلال الصيف والشتاء على التوالي ، بينما بلغت تراكيزها في البيوض 2.26 نانوغرام/غرام وزن جاف ، كما في الجداول (19-20) و الشكل (19) .

وكانت السيادة لمتجانسات عالية الكلور والتي تراوحت بين (0.71-4.70) نانوغرام/غرام وزن جاف ، بينما تراوحت تراكيز متجانسات منخفضة الكلور بين (0.21-2.81) نانوغرام/غرام وزن جاف ، كانت السيادة في انسجة سمك *A.vorax* لمركبات PCB18, , PCB189 ,PCB101,PCB149 تليها بنسب اقل مركبات PCB52,PCB138 وبقية المركبات .



الشكل (19) : تراكيز مركبات PCBs الكلية في انسجة وبيوض سمك *A. vorax* خلال فصلي الصيف والشتاء.

جدول (19) : تراكيز مركبات PCBs في انسجة سمك *A. vorax* (نانو غرام /غرام وزن جاف) خلال الصيف.

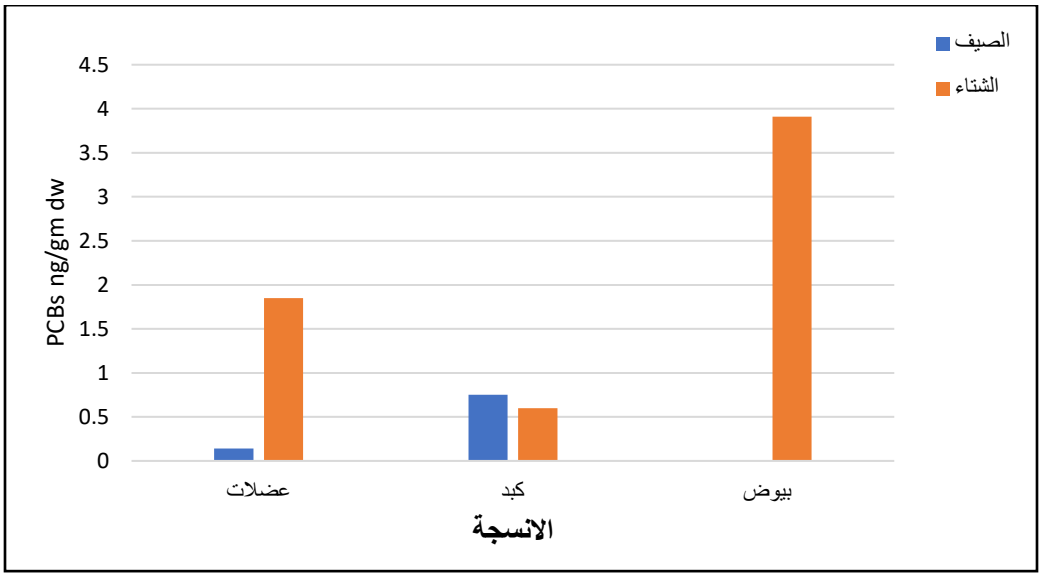
اسم المركب	العضلات	الكبد
PCBs18	0.05	1.38
PCBs28	0.03	0.24
PCBs31	0.01	0.06
PCBs44	0.00	0.02
PCBs52	0.09	0.15
PCBs101	0.03	0.96
∑LMWPCBs	0.21	2.81
PCBs138	0.01	0.15
PCBs141	0.06	0.00
PCBs149	0.02	0.00
PCBs153	0.02	0.00
PCBs189	0.57	0.00
PCBs194	0.14	0.72
∑HMWPCBs	0.82	0.87
Total PCBs	1.03	3.68

جدول (20) : تراكيز مركبات PCBs في انسجة سمك *A. vorax* (نانو غرام /غرام وزن جاف) خلال الشتاء.

اسم المركب	العضلات	الكبد	البيوض
PCBs18	**0.33**	**0.56**	**0.50**
PCBs28	**0.05**	**0.02**	**0.00**
PCBs31	**0.13**	**0.04**	**0.08**
PCBs44	**0.08**	**0.01**	**0.04**
PCBs52	**0.33**	**0.45**	**0.27**
PCBs101	**0.73**	**1.15**	**0.66**
∑LMWPCBs	**1.65**	**2.23**	**1.55**
PCBs138	**0.16**	**1.70**	**0.00**
PCBs141	**0.00**	**0.32**	**0.00**
PCBs149	**0.09**	**1.78**	**0.59**
PCBs153	**0.04**	**0.00**	**0.07**
PCBs189	**1.31**	**0.62**	**0.00**
PCBs194	**0.00**	**0.28**	**0.05**
∑HMWPCBs	**1.60**	**4.70**	**0.71**
Total PCBs	**3.25**	**6.93**	**2.26**

اما في سمك *Acanthopagrus latus* سادت متجانسات منخفضة الكلور اذ تراوحت بين (0.71-43.24) نانوغرام/غرام وعالية الكلور بين (0.98-9.09) نانوغرام/غرام وزن جاف ، تراوحت تراكيزها في الكبد بين (7.19-8.99) نانوغرام /غرام وزن جاف خلال الشتاء والصيف على التوالي ، وفي العضلات بين (1.69-22.25) نانوغرام/غرام وزن جاف خلال الصيف والشتاء على التوالي ، بينما في البيوض بلغت 46.9 نانوغرام/غرام وزن جاف ، كما في الجداول (21-22) والشكل (20) .

كانت هناك سيادة واضحة لمركب PCB101 في أنسجة سمك *A. Latus* وذلك لانه من المركبات المستقرة التي تكثر استخدامها في الصناعه تليه مركبات PCB18,PCB138 وبنسب اقل مركب PCB194 وبقية المركبات .



الشكل (20) : تراكيز مركبات PCBs الكلية في انسجة وبيوض سمك *A. latus* خلال فصلي الصيف والشتاء

جدول(21) : تراكيز مركبات PCBs في انسجة سمك *A. latus* (نانو غرام /غرام وزن جاف) خلال الصيف

اسم المركب	العضلات	الكبد
PCB18	0.34	0.42
PCB28	0.10	1.60
PCB31	0.00	0.57
PCB44	0.01	0.00
PCB52	0.18	0.18
PCB101	0.08	1.60
∑LMWPCBs	**0.71**	**4.37**
PCB141	0.09	3.16
PCB149	0.00	0.00
PCB138	0.00	0.00
PCB153	0.02	0.79
PCB189	0.86	0.24
PCB194	0.01	0.43
∑HMWPCBs	**0.98**	**4.62**
Total PCBs	**1.69**	**8.99**

جدول (22): تراكيز مركبات PCBs في انسجة وبيوض سمك *A. latus* (نانو غرام /غرام وزن جاف) خلال الشتاء.

اسم المركب	العضلات	الكبد	البيوض
PCBs18	10.89	0.54	0.10
PCBs28	0.00	0.00	0.00
PCBs31	0.08	0.00	0.00
PCBs44	0.13	0.01	0.03
PCBs52	0.42	0.00	0.23
PCBs101	1.64	1.31	42.88
∑LMWPCBs	**13.16**	**1.86**	**43.24**
PCBs138	5.03	3.79	0.00
PCBs141	0.00	0.00	0.00
PCBs149	0.27	0.27	1.46
PCBs153	0.00	0.00	0.00
PCBs189	1.52	0.30	0.54
PCBs194	2.27	0.97	1.66
∑HMWPCBs	**9.09**	**5.33**	**3.66**
Total PCBs	**22.25**	**7.19**	**46.9**

يعزى التباين الموسمي في تراكيز مركبات PCBs الى الاختلاف في انتشار متجانسات عالية او منخفضة الكلور فزيادة التراكيز لمركبات PCBs خلال الشتاء ناتج عن زيادة كلورة ثنائي الفينيل متعدد الكلور من المتجانسات المنخفضة الى المتجانسات العالية الكلور بسبب قدرة المتجانسات المنخفضة الكلور على النقل في الغلاف الجوي اكثر من العالية الكلور التي يكون انتقالها بطئ مع جزيئات الهواء وهطول الامطار يتسبب في ازالتها من الغلاف الجوي وبالتالي زيادة الترسب الجوي والجريان السطحي مع هطول الامطار (Mamontova and Mamontov 2022) ، أضافةً الى إعادة تعبئة الرواسب الملوثة عند ازدياد التيارات المائية مما يؤدي الى امتصاص الكائنات القاعية للرواسب السفلية (Mikolajczyk *et al*., 2020) واثناء فترة التكاثر تميل الأسماك للتعرض الحاد للمركبات لتوفر المغذيات لانتاج البيوض ، فضلاً عن الاختلافات الموسمية لمحتوى الدهون.

(Liedtke and Conn 2021; Lee *et al*., 2021; Bianchini *et al*., 2022)

اما انخفاض التراكيز خلال فصل الصيف يعود الى انخفاض التعرض البيئي للرواسب والمياه مع ارتفاع درجات الحرارة وكثرة التبخر كما ان للملوحة تأثير على ذلك مما يؤدي الى قلة امتصاص المركبات من المياه من قبل الاسماك عن طريق الخياشيم الذي يتأثر بالملوحة (Oregel-Zamudio *et al*., 2021).

التباين الفصلي الحاصل في تراكيز متجانسات PCBs بين أنواع الأسماك ناتج عن التباين في المصادر حيث ان ارتفاع تراكيز متجانسات منخفضة الكلور ناتج عن التقلبات العالية التي تسبب في انبعاث هذه المتجانسات من المصادر الخارجية على الرغم من انها تتحلل بسهوله من خلال تفاعلاتها مع الجذور الهيدروكسيلية اذ ان لها القالبية على الحركة بحريه اكثر في البيئة المائية والغلاف الجوي وبالتالي تكون اسهل انتقالاً في السلسلة الغذائية بناءاً على محتوى الدهون (Habibullah-Al-Mamun *et al*., 2019).

بالإضافة الى ارتباطها بمستقبلات هيدروكربون مما يؤدي الى زيادة تراكمها ، كما ان تراكيز هذه المتجانسات تزداد مع العمق حيث انها تتحرك باتجاه الاسفل اما انتقالها الى السطح فيكون بفعل الرياح والامطار وبالتالي تعرض كل من الاسماك القاعية والسطحية لهذه المتجانسات واحياناً قد تتحلل متجانسات عالية الكلور الى منخفضة الكلور بسبب الأنشطة الداخلية (Rayhan *et al*., 2024).

اما هيمنة المتجانسات عالية الكلور فيعود الى كونها تتراكم في اسماك المياه الباردة أي عند انخفاض درجات الحرارة (Selle *et al*., 2024) ، وتمتاز بكونها اقل تحللاً بالتالي فأنها تميل الى التراكم الحيوي والبقاء فتره أطول من المتجانسات منخفضة الكلور (Capozzi *et al*., 2023)

يرتبط توزيع مركبات PCBs في الأنسجة بمحتوى الأنسجة من الدهون والبروتين والخصائص الفيزيائية والكيميائية للملوثات (Wang *et al*., 2024) ، كما ان تراكيز الدهون في الأنسجة يمكن ان يتغير خلال العام تبعاً لوقت التبويض وعادات التغذية والعوامل البيئية الأخرى (Cleves *et al*., 2024).

يعزى ارتفاع تراكيز مركبات PCBs في نسيج الكبد الى ان الكبد يمثل الموقع الرئيسي لعملية التمثيل الغذائي ، وكذلك دوره الفسيولوجي في ازالة السموم بحيث معظم المواد السامة تمر من خلال الامعاء الى الكبد عبر الوريد البابي الكبدي (Jafarabadi *et al*., 2019; Bamidele *et al.,* 2022).

كما ان تراكيز المركبات في كبد الاسماك القاعية مرتبط ايجابياً بدرجة حرارة المياه اذ لوحظ هناك علاقة ارتباط موجبة بين هذه المركبات في الكبد ودرجات الحرارة ($r=0.483$) ملحق (8) ، وتختلف عملية التراكم في الكبد باختلاف الموسم من الحد الادنى في الشتاء الى الحد الاقصى في الصيف (Qayoom *et al.,* 2024).

كما ان الاسماك تخزن احتياطها من الدهون في الكبد، واختلاف التراكيز في الكبد يشير الى الاختلاف في الامتصاص والاستقلاب حيث يشير انخفاض التراكيز في الكبد الى التحلل الايضي او انخفاض الامتصاص لبعض المتجانسات عالية الكلور اما الارتفاع فيشير الى التحلل او انخفاض الامتصاص لمتجانسات منخفضة الكلور(Everaert *et al*., 2017;Topić Popović *et al*., 2023).

كما ان تراكيز مركبات PCBs في الكبد تزداد مع زيادة ذرات الكلور ومع زيادة المحتوى الدهني ويعزى الاختلاف عن زيادة متجانسات PCBs المقاومة للتمثيل الغذائي وانخفاض في المتجانسات القابلة للتمثيل الغذائي (Li *et al.,* 2020).

يتباين توزيع المتجانسات في الأنسجة العضلية للأسماك تبعاً لأنواع الاسماك والموسم ونمط الانتاج ووقت أخذ العينات اذ لوحظ ارتفاع تراكيز متجانسات عالية الكلور في العضلات خلال الشتاء التي لا يمكن استقلابها بسهوله سواء كانت مصادرها الرواسب او المغذيات الأخرى (Renieri *et al*., 2019).

وارتفاع مستويات مركبات PCBs في الأنسجة العضلية ناتج عن استقلاب مركبات PCBs الى مستقلبات هايدروكسيلية او ميثوكسيلية تبعاً لمحتوى الدهون وهذا مايفسر المستويات العالية للمركبات في عضلات الأسماك الدهنية كسمك *A.latus* وعاداتها الغذائية والطبيعة التراكمية لكل نوع ، وكذلك يعزى ارتفاع التراكيز الى كفاءة الامتصاص الجلدي للداخل الذي يساعد على التراكم الحيوي بسهوله اكبر بسبب اختراقه للخلايا بالإضافة للامتصاص عن طريق الخياشيم عبر الماء (Qayoom *et al.*, 2024).

بينما التراكيز العالية في البيوض فيعود الى ان مركبات PCBs المتراكمة في الانسجة الدهنية المحيطة بالغدد التناسلية تنتقل مع الدهون والبروتينات الى البويضات ممايسبب في تراكمها داخل البيوض خلال فترة التكاثر (Ho *et al.,* 2021;Bianchini *et al*., 2022) بالإضافة الى مايسمى بالنقل الامومي أي انتقال المركبات من الام الى البيض اثناء تكوين البيوض (Conn *et al*., 2020 ;Freese *et al*., 2017) .

سجل اعلى تركيز لمركبات PCBs في سمك *A. latus* 17.40 نانو غرام /غرام ,وزن جاف ، وادنى تركيز في سمك *B. xanthopterus* 2.32 نانوغرام/غرام وزن جاف ، بينما سجل في سمك *C. carpio* 4.01 نانوغرام/غرام وزن جاف ، وفي سمك *L. abu* بلغ 2.77 نانوغرام/غرام في حين كانت 3.43 نانوغرام/غرام في سمك *A. vorax*

تختلف انواع الاسماك في التراكم الحيوي بناءاً على معايير عده مثل محتوى الدهون، النشاط الايضي، العمر ، الجنس ، الطول ، الوزن ، عادات التغذية ، بيئة المعيشة وكمية الملوثات الموجودة التي تختلف باختلاف المصدر سواء فضلات منزلية او صناعية وتركيزها ومدة التعرض وكذلك العمليات الحركية كألامتصاص والاستقلاب والتوزيع والإخراج (Mikolajczyk *et al.,* 2022).

يستخدم الطول والحجم كدليل لعمر السمكة واحياناً تزداد التراكيز في الاسماك المتوسطة مع استبعاد الاحجام الصغيرة والكبيرة جداً، كذلك موقع السمكة في السلسلة الغذائية فالتراكيز ترتفع في الأنواع اكلة اللحوم التي تتغذى على الاسماك الصغيرة تليها مختلطة التغذية (Lo *et al*., 2023; Cleves *et al*., 2024).

اظهر سمك *L. abu* مستويات اقل من تراكيز مركبات PCBs حيث يعتبر من الأنواع السطحية الاكثر حساسية للتلوث تكون تغذيته على العوالق الحيوانية والاعشاب ويمتاز بصغر حجمه مقارنة بالانواع الأخرى ، اما المستويات العالية في بعض الانواع القاعية كأسماك *A. latus* و *C. carpio* يعزى الى التغيرات السلوكية وتغذيتها المتنوعة بناءاً على استهلاكها لكميات كبيرة من الفرائس الملوثة و تمتاز بقدرة تحمل عالية

للمياه الملوثة ولها اعمار طويلة نسبياً وذات محتوى دهني عالي (Visha *et al*., 2018; Mikolajczyk *et al*., 2020)

وبين Oregel-Zamudio *et al.* (2021) ان الأنواع القاعية تمتلك مستويات اعلى من مركبات PCBs من الأنواع السطحية كما انها تفترس بيوض الاسماك الأخرى.

وعلى الرغم من ان معظم الأنواع مختلطة التغذية الا ان تداخل العوامل الأخرى مثل استهداف الفريسة واستراتيجات التغذية وعملية التمثيل الغذائي بالإضافة الى الاختلافات في امداد الغذاء فيما يتعلق بالتكاثر والموسم والهجرة فتميل بعض الانواع التي لديها مخازن طاقة غير كافيه للتعرض الحاد أو المزمن للمركبات اثناء فترة التكاثر حيث يزداد انتاج البيوض مع مراعاة التقلبات الموسمية المتعلقة بالتغذية لأنها الالية التي تدخل عن طريقها المركبات الى سلسلة الغذاء (Bartalini *et al*., 2020 ; Weinrauch *et al*., 2021).

وعند مقارنة هذه الدراسة مع الدراسات المحلية والعالمية فكانت التراكيز اقل من الحدود المسموح بها والبالغة 2000 نانوغرام/غرام (USFDA 2001)، واتفقت هذه الدراسة مع دراسة الزباد (2021) التي تؤكد بان تراكيز المركبات في الاسماك يختلف حسب الانواع وطبيعة التغذية ولكن تراكيز المركبات في هذه الدراسة اقل مما ورد في دراسة الزباد (2021) في اسماك *A. latus* واسماك *L. abu* كما في الجدول (24).

جدول (23): مقارنة تراكيز مركبات PCBs (نانوغرام/غرام وزن جاف) في أسماك الدراسة الحالية مع بعض الدراسات الأخرى في انحاء العالم

منطقة الدراسة	البلد	التركيز ng/g (dw)	المصدر
coastal fisheries	China	2.2-1.02	Pan *et al*. (2016)
Lake Manzala Oreochromis niloticus	Egypt	29-7.4	El-Kady *et al*. (2017)
Larak coral Island	Persian Gulf, Iran	90.19-7.20	Jafarabadi *et al*. (2019)
Lake Bourget	France	168-9	Masset *et al*. (2019)
Vistula River	Poland	14.19-0.30	Mikolajczyk *et al*. (2020)
Mediterranean Sea	Mediterranean Sea	17.9-4.15	Bartalini *et al.* (2020)
Lake Chapala	Mexico	6.07-1.06	Oregel-Zamudio *et al*. (2021)
Hudson River	Newyork	82.000-21.846	Capozzi *et al*. (2023)
Shatt Al-Arab -Oreochromis niloticus -Liza abu	Iraq	7.82-22.65 10.24-24.96	الزباد(2021)
Tigris River -Cyprinus carpio -Liz abu -Barbus xanthopterin -Aspius vorax -Acanthopagrus latus	Iraq	1.89-6.56 0.62-4.26 1.57-3.10 1.03-6.93 1.69-46.9	الدراسة الحالية

عند مقارنة تراكيز مركبات PCBs في المياه والرسوبيات والاسماك كانت الرواسب هي المهيمنة خلال فصل الصيف لان المركبات تتعلق في الرواسب وهناك علاقة ارتباط موجبة بين درجات الحرارة واجمالي تراكيز PCBs في الرواسب (r=0.871) الملحق (8) ، اما خلال الشتاء فكانت الأسماك هي المهيمنة لمحبة المركبات للدهون وتراكمها داخل الانسجة الدهنية ، وبسبب قابلية الذوبان المنخفضة للمركبات في المياه فقد كانت التراكيز منخفضة في المياه حيث تراوحت تراكيزها في المياه بين (1.50-3.53) نانوغرام /لتر ، وفي الرسوبيات بين

(1.12-12.18) نانوغرام/غرام وزن جاف ، اما في الأسماك فقد تراوحت بين (0.62-46.9) نانوغرام/غرام وزن جاف ، واظهرت نتائج الدراسة مستويات التراكيز لمركبات PCBs على النحو الاتي : الأسماك > الرواسب > المياه . اما بالنسبة لانواع الانسجة في الأسماك فالتراكم الحيوي سجل بالنحو الاتي:

البيوض > العضلات > الكبد كما في الجدول (24)، وعلى الرغم من عدم تجاوز مستويات PCBs الحدود المسموح بها الا انه يمكن اعتبار التلوث الموضعي في المنطقة والتلوث حول المنطقة مصدر قلق في المستقبل فمن الواضح ان مراقبة الملوثات في الأسماك كان بمثابة أداة حيوية مهمة لفهم التأثيرات الماضية للتلوث التاريخي لذا فان الرصد المستمر امراً مهماً لكشف تأثير الملوثات الناشئة مستقبلاً في نهر دجلة .

جدول (24): مقارنة تراكيز مركبات PCBs (نانوغرام/غرام وزن جاف) في المياه والرواسب وانسجة الأسماك.

العينات		تراكيز مركبات PCBs
المياه		3.53-1.55
الرواسب		12.18-1.12
الاسماك	الكبد	8.99-1.88
	العضلات	22.25-0.62
	البيوض	46.90-0.00

الفصل الرابع

الاستنتاجات والتوصيات

Conclusions and Recommendations

1.4 الاستنتاجات Conclusion

1. لوحظ ان هناك تأثيراً واضحاً لبعض العوامل البيئية على تراكيز مركبات PCBs وحدوث تغيرات موقعيه وفصلية في تراكيزها.
2. سجلت محطة قلعة صالح اعلى نسبة مئوية للكاربون العضوي خلال فصل الشتاء كما لوحظ ان نسجة رسوبيات نهر دجلة هي غرينيه رملية ووجدت علاقة ارتباط ايجابية مع الكاربون العضوي الكلي.
3. سجلت الدراسة الحالية اثنا عشر مركباً من مركبات PCBs في مياه والرواسب وخمسة أنواع من الاسماك المدروسة في نهر دجلة.
4. أظهرت تراكيز المركبات انخفاضها في المياه خلال فصل الصيف وارتفاعها خلال فصل الشتاء وسجلت اعلى تراكيزها في محطة الزيوت ، وقد سادت مركبات ثلاثية وسباعية الكلور في عينات المياه .
5. كانت تراكيز مركبات PCBs في الرواسب اعلى مما سجل في المياه طيلة فترة الدراسة وسجلت اعلى تراكيزها في محطة القاهرة خلال فصل الصيف ، واظهرت سيادة للمركبات ثلاثية ورباعية وسباعية الكلور .
6. هناك اختلافات في قُيم المركبات بين انواع الأسماك المدروسة اذ وجد اكثر االانواع مقدرة على تراكم هذه المركبات هي سمك *A.latus* اما تراكيزها في الانسجة فكانت على النحو الاتي : البيوض > االعضلات> الكبد .
7. سادت مركبات PCBs عالية الوزن الجزيئي (رباعية وسداسية وسباعية الكلور) في انسجة الاسماك خلال فصل الشتاء.
8. كانت التراكيز المسجلة في انسجة الأسماك اعلى مما في الرواسب .
9. مستويات مركبات PCBs ضمن الحدود المسموح بها عالمياً مما يشير الى عدم وجود خطر كبير في الوقت الحاضر من استهلاك الأسماك.

2.4 التوصيات Recommendation

1. القيام بدراسات أخرى للكشف عن تواجد مركبات PCBs وتحديد تراكيزها في الأنظمة المائية العراقية المختلفة .

2. أجراء المزيد من الدراسات حول تحديد تراكيز هذه المركبات في الأنواع المختلفة من الكائنات الحية ومعرفة قدرتها على التراكم الحيوي لهذه المركبات .

3. أجراء المزيد من الدراسات حول تحديد تراكيز هذه المركبات في الأغذية النباتية والحيوانية وتحديد مدى ملائمتها للاستهلاك البشري .

4. تحديد تراكيز المركبات في عينات الدم من السكان المحليين لغرض تقييم مقدار التلوث بهذه المركبات .

5. دعم وتمويل الأبحاث العلمية المتعلقة بالمسطحات المائية العراقية .

6. نشر الوعي البيئي بين صفوف المواطنين من خلال وسائل التوعية الصوتية والمرئية ووسائل التواصل الاجتماعي عن خطورة الملوثات الكيميائية .

المصادر

Referencs

المصادر

المصادر العربيه

-الجميلي ، محمود فياض واحمد، سلوى هادي (2018).تلوث التربة والمياه. دار الكتب والوثائق ببغداد 425 ص .

-الحجاج، مبين حسيب كاظم (2019). اثر العوامل البيئة على توزع المركبات الهيدروكربونية في مياه ورواسب الجزء الشمالي من شط العرب ، رسالة ماجستير ، كلية العلوم، جامعة البصرة ،108 صفحة.

-الحساني، الحسنين مصطفى كاظم (2023). تقدير تراكيز مركبات ثنائي الفينيل متعدد الكلور (PCBs) في مياة ورسوبيات الجزء الجنوبي من نهردجلة .رسالة ماجستير ،كلية العلوم ،جامعة البصرة ،125 ص.

-الدليمي، يزن ياسين جبار مطر(2021).الخصائص الهيدرولوجية لبحيرة الحبانية واثارها البيئية .رسالة ماجسير. جامعة الانبار، كلية الاداب.

-الزباد، رافد احمد طه (2021). دراسة توزيع ومصادر مركبات ثنائي الفينيل متعدد الكلور (PCBs) في المياة والرسوبيات وبعض الاحياء المائية المتواجدة في شط العرب . أطروحة دكتوراه، كلية العلوم ،جامعة البصرة.

-الشبلاوي، سلمى عبد الرزاق (2016). الاستزراع السمكي في محافظة كربلاء. مجلة أهل البيت عليهم السلام, 140-119 :1(20).

-الطاهر، سكينة منتصر عبد الرزاق (2019). دراسة نوعية المياه وتطبيق دليلي الحالة االاغتذائية وتلوث النهر في الجزء الشمالي من شط العرب. رسالة ماجستير، كلية العلوم، جامعة البصرة، 99ص

-اللهيبي، عبد الله محمود (2021). تقييم كفاءة محطتي اسالة ماء الشرقاط القديم والموحد في قضاء الشرقاط ومدى كفاءتها في تصفية ماء الشرب .رسالة ماجستير ،كلية العلوم، جامعة تكريت .

-جازع، صالح حسن (2009). دراسة بعض الخصائص الفيزيائية والكيميائية والبتكريولوجية لمياه نهر الكحلاء – محافظة ميسان / العراق . رسالة ماجستير ، كلية العلوم ، جامعة البصرة، 67 ص.

-حمادي، عدنان جاسم (2020). تقييم نوعية المياه الجوفية والصيغه الهايدروكيمائية لابار مختاره من محافظة النجف / العراق. الجامعة العراقية ، كلية التربية .

-سعد ، كاظم شنته (2016). التقييم النوعي والموسمي لمياة نهري دجلة والفرات في محافظتي ميسان وذي قار. مجلة اوروك للعلوم الانسانية9(1)

-سعد، كاظم شنتة (2014). جغرافية ميسان الطبيعية والبشرية والاقتصادية, مطبعة الضياء, النجف الاشرف, 104 ص.

-سواد، ندى إبراهيم (2021). تطبيق بعض التقنيات الفيزيائيه في معالجة وتحسين نوعية المياه العادمه والخام. رسالة ماجستير ،كلية العلوم، جامعة البصرة.

-صاكي، صفا حسين والش ، ميثم عبداهلل (2022). دراسة بعض الخصائص الفيزيائية والكيميائية لمياه الجزء الجنوبي من هور الحويزة، جنوب العراق . المجلة العراقية للاستزراع المائي ,19(1).

-علاوي ، م. أ. ، وعزيز ،أ.ل. (2017). دراسة ثنائي الفينيل متعدد الكلور (PCBs) في عينات التربة من حقل الاحدب النفطي في محافظة واسط / العراق. مرجعات السموم، 36 (2)، 109-115 .

-علي،هدى حلو (2020).تأثير بعض العوامل البيئيه على وجود وانتشار النباتات المائية في نهر دجلة في محافظة ميسان .رسالة ماجستير ،كلية العلوم ،جامعة البصرة ،ص 123.

-غنيمي (2022). التصدي لمخاطر تلوث المياه في التشريع الجزائري. المجلة الجزائرية للحقوق والعلوم السياسية, 7(2), 163-179.

-فاضل ، زهرة عباس (2022). تلوث مياه نهر دجلة وعلاقتها بمرض الاسهال لدى الاطفال في محافظة بغداد (دراسة مسحية) .مجلة الجامعة العراقية، (2)54.

-مراد ، خيري ابراهيم (2022). دور الضريبة في الحد من التلوث البيئي في العراق. المجلة الدولية للعلوم الإنسانية والاجتماعية, (36), 165-179

-مطير ، انتصار بديع (2021). الجهات المسؤولة عن تلوث مياه البصرة ومدى مسؤوليتها المدنية . مجلة كلية التربية جامعة واسط, 1(45), .621-640

المصادر الأجنبية

-Abbas, N., Wasimi, S., Al-Ansari, N., & Sultana, N. (2018). Water resources problems of Iraq: Climate change adaptation and mitigation. *Journal of Environmental Hydrology,* 26.

-Abdulkarim, M., Grema, H. M., Adamu, I. H., Mueller, D., Schulz, M., Ulbrich, M., Miocic, J. M., & Preusser, F. (2021). Effect of using different chemical dispersing agents in grain size analyses of fluvial sediments via laser diffraction spectrometry. *Methods and protocols*, 4(3), 44.

-Aganbi, E., Iwegbue, C. M., & Martincigh, B. S. (2019). Concentrations and risks of polychlorinated biphenyls (PCBs) in transformer oils and the environment of a power plant in the Niger Delta, Nigeria. *Toxicology reports*, 6, 933-939.

-Ahn, C. H., Lee, S., Song, H. M., Park, J. R., & Joo, J. C. (2019). Assessment of water quality and thermal stress for an artificial fish shelter in an urban small pond during early summer. *Water*, 11(1), 139.

-Ajagbe, E. F., Saliu, J. K., Ayoola, S. O., & Menkiti, N. D. (2018). Polychlorinated biphenyl contamination in water and sediment samples in upper river Ogun, Lagos State, Nigeria.

-Akhbarizadeh, R., Moore, F., & Keshavarzi, B. (2019). Polycyclic aromatic hydrocarbons and potentially toxic elements in seafood from the Persian Gulf: presence, trophic transfer, and chronic intake risk assessment. *Environmental geochemistry and health*, 41, 2803-2820.

-Al-Gousous, J., Ruan, H., Blechar, J. A., Sun, K. X., Salehi, N., Langguth, P., Job, N. M., Lipka, E., Loebenberg, R., Bermejo, M., & Amidon, G. L. (2019). Mechanistic

analysis and experimental verification of bicarbonate-controlled enteric coat dissolution: Potential in vivo implications. *European Journal of Pharmaceutics and Biopharmaceutics*, 139, 47-58.

-Al-Hasani, A. H., Al-Hejuje, M. M., & Al-saad, H. T. (2024, April). Total Organic Carbon Percentage and Texture of Sediments in Tigris River. In IOP Conference Series: *Earth and Environmental Science* (Vol. 1325, No. 1, p. 012051). IOP Publishing.

-Ali, H. H., & Al_Mayah, A. A. (2021). Environmental factors affect the geographic distribution of aquatic plants in Tigris River _ Maysan Governorate/Iraq. *Marsh Bulletin* J, 16(1), 78-90.

-Ali, S. A., Abood, A. S., & Thamir, R. H. (2021). The course change of the ancient Tigris River throughout history between Wasit and Dhi Qar governorates. *Al-Adab/Al-ādāb*, (138).

-Al-Maliki, L. A., Farhan, S. L., Jasim, I. A., Al-Mamoori, S. K., & Al-Ansari, N. (2021). Perceptions about water pollution among university students: A case study from Iraq. *Cogent Engineering*, 8(1), 1895473.

-Annex,I. (2014). Technical guidelines for the environmentally sound management of persistent organic pollutant wastes developed under the Basel Convention on the Control of Transboundary Movements of Hazardous Wastes and their Disposal.

-Audy, O., Melymuk, L., Venier, M., Vojta, S., Becanova, J., Romanak, K., Vykoukalova, M., Prokes, R., Kukucka, P., Diamond, M. L., & Klanova, J. (2018). PCBs and organochlorine pesticides in indoor environments-A comparison of indoor contamination in Canada and Czech Republic. *Chemosphere*, 206, 622-631.

-Ballschmiter, K., Schantz, M. M., Parris, R. M., Kurz, J., & Wise, S. A. (1993). Comparison of methods for the gas-chromatographic determination of PCB congeners and chlorinated pesticides in marine reference materials. Fresenius' *journal of analytical chemistry*, 346, 766-778.

-Bal, A., Panda, F., Pati, S. G., Das, K., Agrawal, P. K., & Paital, B. (2021). Modulation of physiological oxidative stress and antioxidant status by abiotic factors especially salinity in aquatic organisms. Comparative Biochemistry and Physiology Part C: *Toxicology & Pharmacology*, 241, 108971.

-Bamidele, A., Kuton, M. P., Iniobong, A. D., Uchenna, N. D., Saliu, J. K., & David, U. U. (2020). Bioaccumulation of polychlorinated biphenyls (PCBs) in fish host-parasite bentho-pelagic food chain in Epe Lagoon, Lagos, Nigeria. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology, 105, 770-776.

-Bamidele, A., Olorunnisola, R., Adubi, T., & Omoregie, I. P. (2022). Soil adsorption coefficient and bioaccumulation of PBDEs in the liver, intestine and parasites of Heterotis niloticus of Lekki Lagoon, Lagos State, *Nigeria. Scientific African*, *16*, e01156.

-Bartalini, A., Muñoz-Arnanz, J., Baini, M., Panti, C., Galli, M., Giani, D., Fossi, M. C., & Jiménez, B. (2020). Relevance of current PCB concentrations in edible fish species from the Mediterranean Sea. *Science of The Total Environment*, 737, 139520.

-Batang, Z. B., Alikunhi, N., Gochfeld, M., Burger, J., Al-Jahdali, R., Al-Jahdali, H., Aziz, M. A. M., Al-Jebreen, D., & Al-Suwailem, A. (2016). Congener-specific levels and patterns of polychlorinated biphenyls in edible fish tissue from the central Red Sea coast of Saudi Arabia. *Science of the Total Environment*, 572, 915-925.

-Beyazit, Y. (2020). Water Pollution. Yucel. Beyazit. books.google.com.

-Bianchini, K., Mallory, M. L., Braune, B. M., Muir, D. C., & Provencher, J. F. (2022). Why do we monitor? Using seabird eggs to track trends in Arctic environmental contamination. *Environmental Reviews*, 30(2), 245-267.

-Butler, B. A., & Ford, R. G. (2018). Evaluating relationships between total dissolved solids (TDS) and total suspended solids (TSS) in a mining-influenced watershed. *Mine water and the environment*, 37(1), 18.

-Canipari, R., De Santis, L., & Cecconi, S. (2020). Female fertility and environmental pollution. *International journal of environmental research and public health*, 17(23), 8802.

-Cao, S., Capozzi, S. L., Kjellerup, B. V., & Davis, A. P. (2019). Polychlorinated biphenyls in stormwater sediments: Relationships with land use and particle characteristics. *Water research*, 163, 114865.

-Capozzi, S. L., Francisco, K. L., Stahl, B. L., Al Hello, M., Meixler, M. S., & Rodenburg, L. A. (2023). Sources of polychlorinated biphenyls to Upper Hudson River fish post-dredging. *Chemosphere*, 310, 136742.

-CCME,Canadian Council of Ministers of Environment.(2003). Canadian environment quality guidelines (VOI.2). *Canadian Council of Ministers of Environment*.

-Choudhary, P., Routh, J., & Chakrapani, G. J. (2010). Organic geochemical record of increased productivity in Lake Naukuchiyatal, Kumaun Himalayas, India. *Environmental Earth Sciences*, 60, 837-843.

-Chowdhury, N. J., Shammi, M., Rahman, M. M., Akbor, M. A., & Uddin, M. K. (2022). Seasonal distributions and risk assessment of polychlorinated biphenyls (PCBs) in the surficial sediments from the Turag River, Dhaka, Bangladesh. *Environmental Science and Pollution Research*, 29(30), 45848-45859.

-Cleves, D. R., Borrowdale, B. E., Argo, D. R., Hudson, R. R., & Tewes, R. A. (2024). Temporal Trends of Polychlorinated Biphenyls (PCBs) in Ohio River Channel Catfish from 1989 to 2021.

-Conn, K. E., Liedtke, T. L., Takesue, R. K., & Dinicola, R. S. (2020). Legacy and current-use toxic contaminants in Pacific sand lance (Ammodytes personatus) from Puget Sound, Washington, USA. *Marine Pollution Bulletin*, 158, 111287.

-Cui, X., Dong, J., Huang, Z., Liu, C., Qiao, X., Wang, X., Zhao, X., Zheng, B., & Shen, J. (2020a). Polychlorinated biphenyls in the drinking water source of the Yangtze River: characteristics and risk assessment. *Environmental Sciences Europe,* 32, 1-9.

-Cui, X., Dong, J., Huang, Z., Liu, C., Qiao, X., Wang, X., Zhao, X., Zheng, B., & Shen, J. (2020b). Polychlorinated biphenyls in the drinking water source of the Yangtze River: characteristics and risk assessment. *Environmental Sciences Europe,* 32, 1-9.

-Ddamba, J. M. (2024). Analysis of the variability of Total Organic Carbon (TOC) concentration in the Fylleån catchment area between 2001 and 2023.

-De Souza, A. C., Taniguchi, S., Figueira, R. C. L., Montone, R. C., Bicego, M. C., & Martins, C. C. (2018). Historical records and spatial distribution of high hazard PCBs levels in sediments around a large South American industrial coastal area (Santos Estuary, Brazil). *Journal of hazardous materials*, 360, 428-435.

-Deng, Z., Han, X., Chen, C., Wang, H., Ma, B., Zhang, D., Zhang, Z., & Zhang, C. (2020). The distribution characteristics of polychlorinated biphenyls (PCBs) in the surface sediments of Ross Sea and Drake Passage, Antarctica: A 192 congeners analysis. *Marine Pollution Bulletin*, 154, 111043.

-Dighiesh, H., Eldanasoury, M., Kamel, S., & Sharaf, S. (2019). Toxicity of water soluble fractions of petroleum crude oil and its histopathological alterations effects on red tilapia fish. Catrina: *The International Journal of Environmental Sciences*, 18(1), 25-31.

-Dongli, S., Qian, C., Timm, L. C., Beskow, S., Wei, H., Caldeira, T. L., & de Oliveira, L. M. (2017). Multi-scale correlations between soil hydraulic properties and associated factors along a Brazilian watershed transect. *Geoderma*, 286, 15-24.

-Ediagbonya, T. F., Uche, J. I., Oghenvovwero, E. E., & Akinrefon, D. O. (2023). Evaluation of Polychlorinated Biphenyls in Sediments from Surface Waters of Igodan, Okunmo, Lebi, Idepe and OAUSTECH in Okitipupa, Ondo State Nigeria. *Journal of Applied Sciences and Environmental Management*, 27(9), 2045-2054.

-Efroymson, R. A., Peterson, M. J., Jett, R. T., Griffiths, N. A., Carter, E. T., Fortner, A. M., DeRolph, C. R., Ku, P., Matson, P. G., Pilla, R. M., & Mathews, T. J. (2024). Remedial effectiveness of a pond biomanipulation: Habitat value and concentrations of polychlorinated biphenyls in fish. *Journal of Hazardous Materials*, 461, 132587.

-El-Kady, A. A., Wade, T. L., Sweet, S. T., & Sericano, J. L. (2017). Distribution and residue profile of organochlorine pesticides and polychlorinated biphenyls in sediment and fish of Lake Manzala, Egypt. *Environmental Science and Pollution Research,* 24, 10301-10312.

Everaert, G., Ruus, A., Hjermann, D. Ø., Borgå, K., Green, N., Boitsov, S., Jensen, H., & Poste, A. (2017). Additive models reveal sources of metals and organic pollutants in Norwegian marine sediments. *Environmental Science & Technology*, 51(21), 12764-12773.

-Fang, S. C. (2019). Study on 14C dating analysis of deep groundwater resources on islands. *Journal of environmental radioactivity*, 208, 105994.

-Feng, Z., Zhang, T., Li, Y., He, X., Wang, R., Xu, J., & Gao, G. (2019). The accumulation of microplastics in fish from an important fish farm and mariculture area, Haizhou Bay, China. *Science of the Total Environment*, 696, 133948.

-Folk, R. L. (1974). The natural history of crystalline calcium carbonate; effect of magnesium content and salinity. *Journal of Sedimentary Research*, 44(1), 40-53.

-Freese, M., Sühring, R., Marohn, L., Pohlmann, J. D., Wolschke, H., Byer, J. D., Alaee, M., Ebinghaus, R., & Hanel, R. (2017). Maternal transfer of dioxin-like compounds in artificially matured European eels. *Environmental pollution*, 227, 348-356.

-Fu, L., Lu, X., Tan, J., Zhang, H., Zhang, Y., Wang, S., & Chen, J. (2018). Bioaccumulation and human health risks of OCPs and PCBs in freshwater products of Northeast China. *Environmental pollution*, 242, 1527-1534.

-Gore, A. C., Krishnan, K., & Reilly, M. P. (2019). Endocrine-disrupting chemicals: Effects on neuroendocrine systems and the neurobiology of social behavior. *Hormones and Behavior*, 111, 7-22.

-Grimm, F. A., Hu, D., Kania-Korwel, I., Lehmler, H. J., Ludewig, G., Hornbuckle, K. C., Duffel, M.W., Bergman, Å., & Robertson, L. W. (2015). Metabolism and metabolites of polychlorinated biphenyls. *Critical reviews in toxicology*, 45(3), 245-272.

-Gonul, L. T. (2024). Characterization of Polychlorinated Biphenyls in Transplanted Mussels (Mytilus galloprovincialis) and Surface Sediments from the Coastal Region of Nemrut Bay, Eastern Aegean Sea. *Sustainability*, *16*(24), 10801.

-Haarmann-Stemmann, T., & Abel, J. (2006). The arylhydrocarbon receptor repressor (AhRR): *structure, expression, and function*.

-Habibullah-Al-Mamun, M., Ahmed, M. K., Islam, M. S., Tokumura, M., & Masunaga, S. (2019). Occurrence, distribution and possible sources of polychlorinated biphenyls (PCBs) in the surface water from the Bay of Bengal coast of Bangladesh. *Ecotoxicology and environmental safety*, 167, 450-458.

-Hamlin, H. J., & Guillette Jr, L. J. (2011). Embryos as targets of endocrine disrupting contaminants in wildlife. Birth Defects Research Part C: Embryo Today: *Reviews*, 93(1), 19-33.

-Han, L., Chang, C., Yan, S., Qu, C., Tian, Y., Guo, J., & Guo, J. (2023). Distribution, sources and risk assessment of polychlorinated biphenyls in sediments from Beiluo River. *Toxics*, 11(2), 139.

-Hannah, T. J., Megson, D., & Sandau, C. D. (2022). A review of the mechanisms of by-product PCB formation in pigments, dyes and paints. *Science of the Total Environment,* 852, 158529.

-Ho, Q. T., Bank, M. S., Azad, A. M., Nilsen, B. M., Frantzen, S., Boitsov, S., Maage, A.,Kögel, T.,Sanden, M.,Frøyland, L., Hannisdal, R., Hove, H., Lundebye ,A. K.,Nøstbakken,O. J., & Madsen, L. (2021). Co-occurrence of contaminants in marine fish from the North East Atlantic Ocean: Implications for human risk assessment. *Environment International*, 157, 106858.

-Hombrecher, K., Quass, U., Leisner, J., & Wichert, M. (2021). Significant release of unintentionally produced non-Aroclor polychlorinated biphenyl (PCB) congeners PCB 47, PCB 51 and PCB 68 from a silicone rubber production site in North Rhine-Westphalia, Germany. *Chemosphere*, 285, 131449.

-Hombrecher, K., Quass, U., Sievering, S., Schöppe, A., & Rauchfuss, K. (2022). Contamination of food crops by unintentionally released PCB 47, PCB 51 and PCB

68 in the vicinity of silicone production sites and their relevance for human health assessment. *Chemosphere*, 308, 136392.

-Idowu, I. G., Megson, D., Tiktak, G., Dereviankin, M., & Sandau, C. D. (2023). Polychlorinated biphenyl (PCB) half-lives in humans: A systematic review. *Chemosphere*, 140359.

-Irerhievwie, G. O., Iwegbue, C. M., Lari, B., Tesi, G. O., Nwajei, G. E., & Martincigh, B. S. (2020). Spatial characteristics, sources, and ecological and human health risks of polychlorinated biphenyls in sediments from some river systems in the Niger Delta, Nigeria. *Marine Pollution Bulletin*, 160, 111605.

-Jafarabadi, A. R., Bakhtiari, A. R., Mitra, S., Maisano, M., Cappello, T., & Jadot, C. (2019). First polychlorinated biphenyls (PCBs) monitoring in seawater, surface sediments and marine fish communities of the Persian Gulf: Distribution, levels, congener profile and health risk assessment. *Environmental Pollution,* 253, 78-88.

-Jaiswal, D., Naaz, N., Gupta, S., Madhav, K., & Pandey, J. (2023). Diurnal oscillation in dissolved oxygen at sediment-water interface fuels denitrification-driven N removal in Ganga River. *Journal of Hydrology*, 619, 129301.

-Jawad, L. A. (2021). Freshwater Fish Biodiversity in Iraq: Importance, Threats, Status, and Conservation Challenges. Tigris and Euphrates Rivers: *Their Environment from Headwaters to Mouth*, 479-497.

-Jiang, S., Wan, M., Lin, K., Chen, Y., Wang, R., Tan, L., & Wang, J. (2024). Spatiotemporal distribution, source analysis and ecological risk assessment of polychlorinated biphenyls (PCBs) in the Bohai Bay, China. *Marine Pollution Bulletin*, 198, 115780.

-Kania-Korwel, I., & Lehmler, H. J. (2016). Chiral polychlorinated biphenyls: absorption, metabolism and excretion—a review. *Environmental Science and Pollution Research*, 23, 2042-2057.

-Khaled-Khodja, S., Cheraitia, H., Rouibah, K., Ferkous, H., Durand, G., Cherif, S., El-Hiti, G.A., Yadav, K. K., Erto, A., & Benguerba, Y. (2023). Identification of the

Contamination Sources by PCBs Using Multivariate Analyses: The Case Study of the Annaba Bay (Algeria) Basin. *Molecules*, 28(19), 6841.

-Klenov, V., Flor, S., Ganesan, S., Adur, M., Eti, N., Iqbal, K., Soares, M. J. Ludewig, G., Ross, J. W., Robertson, L. W., & Keating, A. F. (2021). The Aryl hydrocarbon receptor mediates reproductive toxicity of polychlorinated biphenyl congener 126 in rats. *Toxicology and applied pharmacology*, 426, 115639.

-Klocke, C., & Lein, P. J. (2020). Evidence implicating non-dioxin-like congeners as the key mediators of polychlorinated biphenyl (PCB) developmental neurotoxicity. *International journal of molecular sciences*, 21(3), 1013.

-Koh, W. X., Hornbuckle, K. C., Wang, K., & Thorne, P. S. (2016). Serum polychlorinated biphenyls and their hydroxylated metabolites are associated with demographic and behavioral factors in children and mothers. *Environment international*, 94, 538-545.

-Krishna Kumar, S., Logeshkumaran, A., Magesh, N. S., Godson, P. S., & Chandrasekar, N. (2015). Hydro-geochemistry and application of water quality index (WQI) for groundwater quality assessment, Anna Nagar, part of Chennai City, Tamil Nadu, India. *Applied Water Science*, 5, 335-343.

-Lazim, I. I ., & Al- Nakeeb ,N. A. A.(2021). Measuring pollution based on total petroleum hydrocarbons and total organic carbon in Tigris River , Maysan province, Southern Iraq. *Caspian Journal of Environmental Sciences*, 19(3), 535-545.

-Lee, C. C., Hsieh, C. Y., Chen, C. S., & Tien, C. J. (2020). Emergent contaminants in sediments and fishes from the Tamsui River (Taiwan): Their spatial-temporal distribution and risk to aquatic ecosystems and human health. *Environmental Pollution*, 258, 113733.

-Lee, C. C., Chang, W. H., Hung, C. F., & Chen, H. L. (2021). Fish consumption is an indicator of exposure to non-dioxin like polychlorinated biphenyls in cumulative risk assessments based on a probabilistic and sensitive approach. *Environmental Pollution*, *268*, 115732.

-Leung, A., Cai, Z.W.,Wong, M.H.(2006).Anzecc B (Environmental investigation levels) from Austration and New Zealand guidelines for the assessment and management of contaminated sites Anzecc B (Environmental investigation levels) from Austration and New Zealand guidelines for the assessment and management of contaminated sites, 1992. *Journal of Material Cycles and Waste Management*,8(1):21-33.

-Li, X., Zhang, C., Wang, K., & Lehmler, H. J. (2020). Fatty liver and impaired hepatic metabolism alter the congener-specific distribution of polychlorinated biphenyls (PCBs) in mice with a liver-specific deletion of cytochrome P450 reductase. *Environmental Pollution*, 266, 115233.

-Liedtke, T. L., & Conn, K. E. (2021). Maternal transfer of polychlorinated biphenyls in Pacific sand lance (Ammodytes personatus), Puget Sound, Washington. *Science of the Total Environment*, *764*, 142819.

-Liu, F., Zhang, G. L., Song, X., Li, D., Zhao, Y., Yang, J., Wu, H., & Yang, F. (2020). High-resolution and three-dimensional mapping of soil texture of China. *Geoderma*, 361, 114061.

-Liu, X., Dong, Z., Baccolo, G., Gao, W., Li, Q., Wei, T., & Qin, X. (2023). Distribution, composition and risk assessment of PAHs and PCBs in cryospheric watersheds of the eastern Tibetan Plateau. *Science of The Total Environment*, *890*, 164234.

-Lo, B. P., Marlatt, V. L., Liao, X., Reger, S., Gallilee, C., Ross, A. R., & Brown, T. M. (2023). Acute toxicity of 6PPD-quinone to early life stage juvenile chinook (Oncorhynchus tshawytscha) and coho (Oncorhynchus kisutch) salmon. *Environmental Toxicology and Chemistry*, *42*(4), 815-822.

-Malisch, R. (2017). Incidents with dioxins and PCBs in food and feed-inverk, risk management and economic consequences. *Journal of Environmental Protection*, 8(6), 744-785.

-Mamontova, E. A., & Mamontov, A. A. (2022). Spatial and temporal variations of polychlorinated biphenyls and organochlorine pesticides in snow in Eastern Siberia. *Atmosphere*, 13(12), 2117.

-Markiewicz, A., Björklund, K., Eriksson, E., Kalmykova, Y., Strömvall, A. M., & Siopi, A. (2017). Emissions of organic pollutants from traffic and roads: Priority pollutants selection and substance flow analysis. *Science of the Total Environment*, 580, 1162-1174.

-Marlatt, V. L., Bayen, S., Castaneda-Cortès, D., Delbès, G., Grigorova, P., Langlois, V. S., Martyniuk, C. J., Metcalfe, C. D., Parent, L., Rwigemera, A., Thomson, P. , & Van Der Kraak, G. (2022). Impacts of endocrine disrupting chemicals on reproduction in wildlife and humans. *Environmental Research*, 208, 112584.

-Marushka, L., Hu, X., Batal, M., Tikhonov, C., Sadik, T., Schwartz, H., Ing, A., Fediuk, K., & Chan, H. M. (2021). The relationship between dietary exposure to persistent organic pollutants from fish consumption and type 2 diabetes among First Nations in Canada. *Canadian Journal of Public Health*, 112(Suppl 1), 168-182.

-Masset, T., Frossard, V., Perga, M. E., Cottin, N., Piot, C., Cachera, S., & Naffrechoux, E. (2019). Trophic position and individual feeding habits as drivers of differential PCB bioaccumulation in fish populations. *Science of The Total Environment*, *674*, 472-481.

-Megahed, A. M., Dahshan, H., Abd-El-Kader, M. A., Abd-Elall, A. M. M., Elbana, M. H., Nabawy, E., & Mahmoud, H. A. (2015). Polychlorinated biphenyls water pollution along the River Nile, Egypt. *The scientific World journal*, 2015(1), 389213.

-Megson, D., Focant, J. F., Patterson, D. G., Robson, M., Lohan, M. C., Worsfold, P. J., Comber, S., Kalin, R., Reiner, E., & O'Sullivan, G. (2015). Can polychlorinated biphenyl (PCB) signatures and enantiomer fractions be used for source identification and to age date occupational exposure?. *Environment international*, 81, 56-63.

-Mikolajczyk, S., Warenik-Bany, M., Maszewski, S., & Pajurek, M. (2020). Dioxins and PCBs–Environment impact on freshwater fish contamination and risk to consumers. *Environmental Pollution*, 263, 114611.

-Mikolajczyk, S., Warenik-Bany, M., & Pajurek, M. (2022). Dioxins and PCBs in freshwater fish and sediments from Polish lakes. *Food Additives & Contaminants: Part B*, *15*(3), 159-167.

-Mohammed , E. A., Nassier, N. M., & Hassan, S. N. (2019). Studying Water Quality of Tigris River within Baghdad City .

-Montano, L., Pironti, C., Pinto, G., Ricciardi, M., Buono, A., Brogna, C., Venier, M., Piscopo, M., Amoresano, A., & Motta, O. (2022a). Polychlorinated biphenyls (PCBs) in the environment: occupational and exposure events, effects on human health and fertility. Toxics, 10(7), 365.

-Montano, L., Pironti, C., Pinto, G., Ricciadi, M., Buono, A., & Brogna, C. Polychlorinated biphenyls (PCBs) in the environment: Occupational and exposure events, effects on human health and fertility. Toxics 2022b; 10 (7): 365. *PubMed Abstract| Publisher Full Text| Free Full Text*.

-Oraibi, A. H., & Oudah, A. A. (2023). Legislative confrontation of the crime of water pollution (a comparative study).. *Misan Journal of Comparative Legal Studies*, 1(8), 1-33.

-Oregel-Zamudio, E., Alvarez-Bernal, D., Franco-Hernandez, M. O., Buelna-Osben, H. R., & Mora, M. (2021). Bioaccumulation of PCBs and PBDEs in fish from a tropical Lake Chapala, Mexico. *Toxics*, 9(10), 241.

-Oros, M., Barčák, D., Miklisová, D., Uhrovič, D., & Brázová, T. (2023). A fish-parasite sentinel system in an assessment of the spatial distribution of polychlorinated biphenyls. *Scientific Reports*, 13(1), 5164.

-Othman, N., Ismail, Z., Selamat, M. I., Sheikh Abdul Kadir, S. H., & Shibraumalisi, N. A. (2022). A review of polychlorinated biphenyls (PCBs) pollution in the air: where and how much are we exposed to?. *International Journal of Environmental Research and Public Health,* 19(21), 13923.

-Pan, H., Geng, J., Qin, Y., Tou, F., Zhou, J., Liu, M., & Yang, Y. (2016). PCBs and OCPs in fish along coastal fisheries in China: distribution and health risk assessment. *Marine pollution bulletin*, *111*(1-2), 483-487.

-Panesar, H. K., Kennedy, C. L., Keil Stietz, K. P., & Lein, P. J. (2020). Polychlorinated biphenyls (PCBs): risk factors for autism spectrum disorder?. *Toxics,* 8(3), 70.

-Paul, R., Romero, A., Moltó, J., Ortuño, N., Aizpurua, J., & Gómez-Torres, M. J. (2022). Associations of paternal serum dioxin-like polychlorinated biphenyl concentrations with IVF success: A pilot study. *Environmental Research*, 206, 112248.

-Pessah, I. N., Lein, P. J., Seegal, R. F., & Sagiv, S. K. (2019). Neurotoxicity of polychlorinated biphenyls and related organohalogens. *Acta neuropathologica*, 138(3), 363-387.

-Petri, B. J., Piell, K. M., Wahlang, B., Head, K. Z., Andreeva, K., Rouchka, E. C., Pan, J., Rai, S. N., Cave, M. C., & Klinge, C. M. (2022). Multiomics analysis of the impact of polychlorinated biphenyls on environmental liver disease in a mouse model. *Environmental Toxicology and Pharmacology*, 94, 103928.

-Pickering, A. D., & Pottinger, T. G. (1995). Biochemical effects of stress. Biochemistry and molecular biology of fishes, 5, 349-379.

-Qayoom, I., Balkhi, M., Mukhtar, M., Abubakr, A., Siddiqui, U., Khan, S., Sherwani, A., Jan, I., Sayyed, R., & Mastinu, A. (2024). Assessing organophosphate insecticide retention in muscle tissues of juvenile common carp fish under acute toxicity tests. *Toxicology Reports*, *12*, 253-259.

-Qu, C., Albanese, S., Lima, A., Hope, D., Pond, P., Fortelli, A., Romano, N., Cerino, P., Pizzolante, A., & De Vivo, B. (2019). The occurrence of OCPs, PCBs, and PAHs in the soil, air, and bulk deposition of the Naples metropolitan area, southern Italy: Implications for sources and environmental processes. *Environment International*, 124, 89-97.

-Qu, C., Albanese, S., Cicchella, D., Fortelli, A., Hope, D., Esposito, M., Cerino, P., Pizzolante, A., Qi, S., & De Vivo, B., Lima, A. (2022). The contribution of persistent organic pollutants to the environmental changes in Campania region, Italy: Results from the Campania Trasparente project. *Journal of Geochemical Exploration*, 241, 107071.

-Raffetti, E., Donato, F., De Palma, G., Leonardi, L., Sileo, C., & Magoni, M. (2020a). Polychlorinated biphenyls (PCBs) and risk of dementia and Parkinson disease: A population-based cohort study in a North Italian highly polluted area. *Chemosphere,* 261, 127522.

-Raffetti, E., Donato, F., De Palma, G., Leonardi, L., Sileo, C., & Magoni, M. (2020b). Polychlorinated biphenyls (PCBs) and risk of dementia and Parkinson disease: A population-based cohort study in a North Italian highly polluted area. *Chemosphere*, 261, 127522.

-Rayhan, M. R. I., Akbor, M. A., Nahar, A., Chowdhury, N. J., Rahman, M. M., & Saadat, A. H. M. (2024). Exposure of polychlorinated biphenyls via indoor dust particles and their health risks in Dhaka City, Bangladesh. *Journal of Hazardous Materials Advances,* 14, 100421.

-Reddy, A. V. B., Moniruzzaman, M., & Aminabhavi, T. M. (2019). Polychlorinated biphenyls (PCBs) in the environment: Recent updates on sampling, pretreatment, cleanup technologies and their analysis. *Chemical Engineering Journal*, 358, 1186-1207.

-Renieri, E. A., Goumenou, M., Kardonsky, D. A., Veselov, V. V., Alegakis, A. K., Buha, A., Tzatzarakis, M. N.,Nosyrev, A. E.,Rakitskii, V. N., Kentouri, M., & Tsatsakis, A. (2019). Indicator PCBs in farmed and wild fish in Greece-Risk assessment for the Greek population. *Food and Chemical Toxicology*, 127, 260-269.

-Roșca, O. M., Dippong, T., Marian, M., Mihali, C., Mihalescu, L., Hoaghia, M. A., & Jelea, M. (2020). Impact of anthropogenic activities on water quality parameters of

glacial lakes from Rodnei mountains, Romania. *Environmental Research*, 182, 109136.

-Rusni, S., Sassa, M., Takagi, T., Kinoshita, M., Takehana, Y., & Inoue, K. (2022). Establishment of cytochrome P450 1a gene-knockout Javanese medaka, Oryzias javanicus, which distinguishes toxicity modes of the polycyclic aromatic hydrocarbons, pyrene and phenanthrene. *Marine Pollution Bulletin*, 178, 113578.

-Ryzhenko, N. O., Bondar, O. I., Chetverykov, V. V., & Fedorenko, Y. O. (2020). Polychlorinated biphenyls: Hazardous properties and environmentally sound management in Ukraine. *Regulatory Mechanisms in Biosystems*, 11(1), 37-44.

-Saktrakulkla, P., Lan, T., Hua, J., Marek, R. F., Thorne, P. S., & Hornbuckle, K. C. (2020). Polychlorinated biphenyls in food. *Environmental science & technology*, 54(18), 11443-11452.

-Salman, S. A., Shahid, S., Ismail, T., Ahmed, K., & Wang, X. J. (2018). Selection of climate models for projection of spatiotemporal changes in temperature of Iraq with uncertainties. *Atmospheric research*, *213*, 509-522.

-Schantz, M. M., Parris, R. M., Kurz, J., Ballschmiter, K., & Wise, S. A. (1993). Comparison of methods for the gas-chromatographic determination of PCB congeners and chlorinated pesticides in marine reference materials. Fresenius' *journal of analytical chemistry*, 346, 766-778.

-Scheuhammer, A. M., Lord, S. I., Wayland, M., Burgess, N. M., Champoux, L., & Elliott, J. E. (2016). Major correlates of mercury in small fish and common loons (Gavia immer) across four large study areas in Canada. *Environmental Pollution*, 210, 361-370.

-Shan, Q., Li, H., Chen, N., Qu, F., & Guo, J. (2020). Understanding the multiple effects of PCBs on lipid metabolism. Diabetes, *Metabolic Syndrome and Obesity*, 3691-3702.

-Shi, C., Qu, C., Sun, W., Zhou, J., Zhang, J., Cao, Y., Zhang, Y., Guo, J., Zhang, J., & Qi, S. (2022). Multimedia distribution of polycyclic aromatic hydrocarbons in the Wang Lake Wetland, China. *Environmental Pollution*, 306, 119358.

- Sparks, D. L., Page, A. L., Helmke, P. A., & Loeppert, R. H. (Eds.). (2020). *Methods of soil analysis, part 3: Chemical methods* (Vol. 14). John Wiley & Sons.

-Spiegelhoff, A., Wang, K., Ridlon, M., Lavery, T., Kennedy, C. L., George, S., & Stietz, K. P. K. (2023). Polychlorinated Biphenyls (PCBs) Impact Prostatic Collagen Density and Bladder Volume in Young Adult Mice Exposed during in Utero and Lactational Development. *Toxics*, 11(7), 609.

-Ssebugere, P., Sillanpää, M., Kiremire, B. T., Kasozi, G. N., Wang, P., Sojinu, S. O., Otieno, P. O., Zhu, N., Zhu, C., Zhang, H., Shang, H., Ren,D., Li ,Y., Zhang, Q., & Jiang, G. (2014). Polychlorinated biphenyls and hexachlorocyclohexanes in sediments and fish species from the Napoleon Gulf of Lake Victoria, Uganda. *Science of the Total Environment*, 481, 55-60.

-Suraifi, L. A. J., Suha, A. S. S. A. H., & Salem, A. (2023). Water pollution and human health: A review. *Journal of Genetic and Environment Conservation*, 11(2), 75-78.

-Taban, I. A., Al-Hejuje, M., & Al-Saad, H. T. (2024). Studying the effect of the environmental factor on the participation of pesticides in the surface sediments of the Shatt al-Arab. *Mesopotamian Journal of Marine Sciences*, 39(1), 107-120.

-Tambalis, K. D., & Arnaoutis, G. (2022). The importance of branched-chain amino acids and nitrate in sports performance and health. *Journal of Physical Activity Research*, 7(1), 37-46.

-Topić Popović, N., Čižmek, L., Babić, S., Strunjak-Perović, I., & Čož-Rakovac, R. (2023). Fish liver damage related to the wastewater treatment plant effluents. *Environmental science and pollution research*, 30(17), 48739-48768.

-Undeman, E., Brown, T. N., McLachlan, M. S., & Wania, F. (2018). Who in the world is most exposed to polychlorinated biphenyls? Using models to identify highly exposed populations. *Environmental Research Letters*, 13(6), 064036.

-USEPA, United States Environmental Protection Agency (2009). National Primary Drinking Water Regulations, Washington,DC,USA.

-USEPA.(2006) .Standard operating Procedures for Routine Analysis of PCBs in Water and Soil / Sediment Samples by GC-ECD (pp. 1-37).

-USFDA, United States Food and Drug Administration.(2001). Fish and fisheries products hazards and controls guidance. Food and Drug Administration. Center for Food safety and Applied Nutrition , Washington,DC.

-Vasseghian, Y., Hosseinzadeh, S., Khataee, A., & Dragoi, E. N. (2021). The concentration of persistent organic pollutants in water resources: A global systematic review, meta-analysis and probabilistic risk assessment. *Science of The Total Environment*, *796*, 149000.

-Verma, A., Yadav, B. K., & Singh, N. B. (2021). Hydrochemical exploration and assessment of groundwater quality in part of the Ganga-Gomti fluvial plain in northern India. *Groundwater for Sustainable Development*, 13, 100560.

-Visha, A., Gandhi, N., Bhavsar, S. P., & Arhonditsis, G. B. (2018). A Bayesian assessment of polychlorinated biphenyl contamination of fish communities in the Laurentian Great Lakes. *Chemosphere*, 210, 1193-1206.

-Von Gontard, A., & Equit, M. (2015). Comorbidity of ADHD and incontinence in children. *European child & adolescent psychiatry*, 24, 127-140.

-Wang, X., Celander, M. C., Yin, X., Zhang, Z., Chen, Y., Xu, H., Yu, X., Xu, K., Zhang, X., & Kanchanopas-Barnette, P. (2019). PAHs and PCBs residues and consumption risk assessment in farmed yellow croaker (Larimichthys crocea) from the East China Sea, China. *Marine pollution bulletin*, 140, 294-300.

-Wang, X., Fu, R., Li, H., Zhang, Y., Lu, M., Xiao, K., Zhang, X., Zheng, C., & Xiong, Y. (2020). Heavy metal contamination in surface sediments: A comprehensive, large-scale evaluation for the Bohai Sea, China. *Environmental Pollution*, 260, 113986.

-Wang, Q., Yan, S., Chang, C., Qu, C., Tian, Y., Song, J., & Guo, J. (2023). Occurrence, potential risk assessment, and source apportionment of polychlorinated biphenyls in water from Beiluo River. *Water*, 15(3), 459.

-Wang, X., Rao, Q., Zhang, Q., Liu, C., Li, Y., Wang, D., Huang, D., Li, Y., Yao, C., & Song, W. (2024). Tissue distribution and exposure risk assessment of dioxins, dioxin-like polychlorinated biphenyls and perfluoroalkyl substances in red swamp crayfish. *Food Control*, *166*, 110747.

-Weinrauch, A. M., Folkerts, E. J., Alessi, D. S., Goss, G. G., & Blewett, T. A. (2021). Changes to hepatic nutrient dynamics and energetics in rainbow trout (Oncorhynchus mykiss) following exposure to and recovery from hydraulic fracturing flowback and produced water. *Science of The Total Environment*, 764, 142893.

-WHO (World Health Organization). (2018).A global overview of national regulations and standards for drinking – water quality : 104.

-WHO , World Health Organization (2005). Re-evaluation of Human and mammalian toxic equivalency factors for dioxins and dioxin-like compounds *Toxicological Sciences*,93(2):223-241.

-Xia, Q., Rufty, T., & Shi, W. (2020). Soil microbial diversity and composition: Links to soil texture and associated properties. *Soil Biology and Biochemistry*, 149, 107953.

-Yang, L., Jin, F., Liu, G., Xu, Y., Zheng, M., Li, C., & Yang, Y. (2020). Levels and characteristics of polychlorinated biphenyls in surface sediments of the Chaobai river, a source of drinking water for Beijing, China. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 189, 109922.

-Yemmen, C., & Gargouri, M. (2022). Potential hazards associated with the consumption of Scombridae fish: Infection and toxicity from raw material and processing. *Journal of Applied Microbiology*, 132(6), 4077-4096.

-Zani, C., Magoni, M., Speziani, F., Leonardi, L., Orizio, G., Scarcella, C., Gaia, A., & Donato, F. (2019). Polychlorinated biphenyl serum levels, thyroid hormones and endocrine and metabolic diseases in people living in a highly polluted area in North Italy: A population-based study. *Heliyon*, 5(6).

-Zhang, X., Ning, X., He, X., Sun, X., Yu, X., Cheng, Y., Yu, R., & Wu, Y. (2020). Fatty acid composition analyses of commercially important fish species from the Pearl River Estuary, China. *PLoS One*, 15(1), e0228276.

-Zhu, M., Yuan, Y., Yin, H., Guo, Z., Wei, X., Qi, X., Liu, H., & Dang, Z. (2022). Environmental contamination and human exposure of polychlorinated biphenyls (PCBs) in China: A review. *Science of the Total Environment*, 805, 150270.

-Zlatanović, L., van der Hoek, J. P., & Vreeburg, J. H. G. (2017). An experimental study on the influence of water stagnation and temperature change on water quality in a full-scale domestic drinking water system. *Water research*, 123, 761-772.

-Zhong, T., Niu, N., Li, X., Zhang, D., Zou, L., & Yao, S. (2020). Distribution, composition profiles, source identification and potential risk assessment of Polychlorinated Biphenyls (PCBs) and Dechlorane Plus (DP) in sediments from Liaohe Estuary. *Regional Studies in Marine Science*, *36*, 101291.

الملاحق

Appendices

مـلـحق (1)

A- تاثير الفصول والمواقع والتداخل بينهم في صفة درجة حرارة الهواء

الفصول	القاهرة	الزيوت	قلعة صالح	متوسط الفصول
الصيف	29.00	33.00	32.00	a 31.33
الشتاء	14.00	13.00	12.00	b 13.00
متوسط المواقع	b21.50	a23.00	ab22.00	الفصول l.s.d. 1.017
المواقع l.s.d. 1.246	التداخل l.s.d. 1.762			
cv%	4.4			

B- تاثير الفصول والمواقع والتداخل بينهم في صفة درجة حرارة الماء

الفصول	القاهرة	الزيوت	قلعة صالح	متوسط الفصول
الصيف	36.00	40.00	39.00	a 38.33
الشتاء	19.00	21.00	19.00	b 19.67
متوسط المواقع	a27.50	a30.50	a29.00	الفصول l.s.d. 1.049
المواقع l.s.d. 1.284	التداخل l.s.d. 1.816			
cv%	3.4			

مـلـحق (2)

A- تاثير الفصول والمواقع والتداخل بينهم في صفة الاس الهيدروجيني

الفصول	القاهرة	الزيوت	قلعة صالح	متوسط الفصول
الصيف	8.20	7.00	6.57	b7.26
الشتاء	8.67	8.60	8.54	a8.60
متوسط المواقع	a8.44	b7.80	b7.56	الفصول l.s.d. 0.477
المواقع l.s.d. 0.584	التداخل l.s.d. 0.826			
cv%	5.7			

B- تاثير الفصول والمواقع والتداخل بينهم في صفة الملوحة

الفصول	القاهرة	الزيوت	قلعة صالح	متوسط الفصول
الصيف	4.000	4.700	4.073	a4.258
الشتاء	3.900	4.400	3.600	a3.967
متوسط المواقع	b3.950	a4.550	b3.837	الفصول l.s.d. 0.3647
المواقع l.s.d. 0.4466	التداخل l.s.d. 0.6316			
cv%	8.4			

ملحق(3)

A- تاثير الفصول والمواقع والتداخل بينهم في صفة التوصيلية الكهربائية

الفصول	القاهرة	الزيوت	قلعة صالح	متوسط الفصول
الصيف	2355.0	2424.0	2630.0	a2470.
الشتاء	1762.0	2240.0	1761.0	b1921.
متوسط المواقع	b2058.0	a2332.	b2196.0	الفصول l.s.d. 169.5
المواقع l.s.d. 207.6	التداخل l.s.d. 293.6			
cv%	7.4			

B- تاثير الفصول والمواقع والتداخل بينهم في صفة المواد الصلبة الكلية الذائبة

الفصول	القاهرة	الزيوت	قلعة صالح	متوسط الفصول
الصيف	1093.	1288.	1068.	a1150.
الشتاء	801.	966.	853.	b873.
متوسط المواقع	b947.	a1127.	b960.	الفصول l.s.d. 63.1
المواقع l.s.d. 77.3	التداخل l.s.d. 109.3			
cv%	7			

ملحق (4)

A- تراكيز المركبات في المياه وتاثير الفصول والمواقع

الفصول	القاهرة	الزيوت	قلعة صالح	متوسط الفصول
الصيف	2.760	1.880	1.550	b2.063
الشتاء	1.500	3.530	1.680	a2.237
متوسط المواقع	b2.130	a2.705	c1.615	الفصول l.s.d. 0.1518
المواقع l.s.d. 0.1859	التداخل l.s.d. 0.2629			
cv%	6.7			

ملحق(5)

B- تراكيز المركبات في الرسوبيات وتاثير الفصول والمواقع

الفصول	القاهرة	الزيوت	قلعة صالح	متوسط الفصول
الصيف	12.18	11.48	6.55	a10.07
الشتاء	1.37	1.24	1.12	b1.24
متوسط المواقع	a6.78	a6.36	b3.84	الفصول l.s.d. 0.492
المواقع l.s.d. 0.602	التداخل l.s.d. 0.852			
cv%	8.3			

ملحق (6)

النسبة المئوية للكاربون العضوي

الفصول	القاهرة	الزيوت	قلعة صالح	متوسط الفصول
الصيف	4.65	7.11	3.20	b4.99
الشتاء	7.92	8.43	8.96	a8.44
متوسط المواقع	a6.29	b7.77	a6.08	

ملحق (7) ***Cyprinus carpio***

A- تأثير الفصول

الفصول	العضلات	الكبد	البيوض
الصيف	a1.980	b4.240	b0.00
الشتاء	a1.890	a5.400	a6.56
l.s.d.	0.1511 n.s	0.5873	1.122
cv%	3.9	4.7	6.9

Liza abu

B -تأثير الفصول

الفصول	العضلات	الكبد	البيوض
الصيف	b0.620	a3.130	b0.000
الشتاء	a3.570	b2.270	a4.260
l.s.d.	0.5789	0.6670	0.7481
cv%	7.3	2.2	10.0

B. xanthopterin

C- تأثير الفصول

الفصول	العضلات	الكبد	البيوض
الصيف	b1.570	a2.27	b0.000
الشتاء	a2.760	a1.88	a3.100
l.s.d.	0.3451	1.096 ns	0.4968
cv%	4.5	15.0	9.1

Aspius vorax

D- تأثيرالفصول

الفصول	العضلات	الكبد	البيوض
الصيف	b1.030	b3.68	b0.000
الشتاء	a3.250	a6.93	a2.260
l.s.d.	0.4720	1.128	0.8595
cv%	6.3	6.1	21.6

A. latus

E- تأثير الفصول

الفصول	العضلات	الكبد	البيوض
الصيف	b1.690	a8.990	b0.00
الشتاء	a22.250	b7.190	a46.90
l.s.d.	0.4739	0.6862	2.334
cv%	1.1	2.4	2.8

ملحق(8) A - معامل الارتباط بين تراكيز مركبات PCBs في المياه والرواسب وانسجة الاسماك والعوامل الفيزيائية والكيميائية

	Water Tempt	pH	Salinity	EC	TDS	WATER	sediment	muscle	liver	eggs
Air Tempt	0.993**	-0.757**	0.400*	0.844**	0.857**	-0.010	0.873**	-0.472**	0.452*	-0.435*
Water Tempt		-0.763**	0.390*	0.811**	0.844**	-0.071	0.871**	-0.422*	0.483**	-0.385*
pH			-0.424*	-0.676**	-0.583**	0.322	-0.453*	0.343	-0.471**	0.305
Salinity				0.318	0.580**	0.189	0.316	-0.166	0.242	-0.137
EC					0.719**	0.199	0.626**	-0.519**	0.323	-0.487**
TDS						0.166	0.821**	-0.463**	0.340	-0.421*
WATER							0.187	-0.314	-0.346	-0.334
sediment								-0.395*	0.309	-0.367*
muscle									0.368*	0.989**

- *** Significant at 0.05.**
- **** significant at 0.01**

B- معامل الارتباط بين تراكيز مركبات PCBs في الرواسب والكاربون العضوي TOC.

Correlations

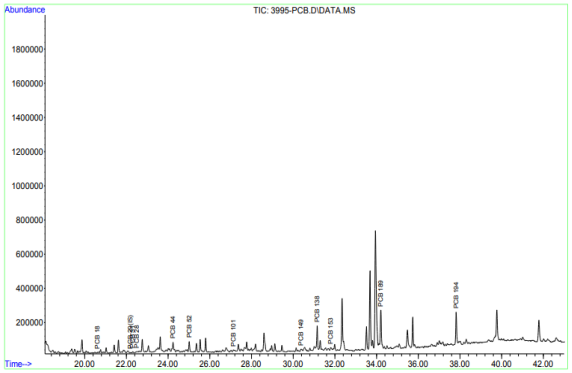
		summer Sediment	winter sediment	summer TOC	winter TOC
summer Sediment	Pearson Correlation	1	.394	.699**	.771**
	Sig. (2-tailed)		.106	.001	.000
winter sediment	Pearson Correlation	.394	1	.213	.275
	Sig. (2-tailed)	.106		.396	.269
summer TOC	Pearson Correlation	.699**	.213	1	.288
	Sig. (2-tailed)	.001	.396		.247
winter TOC	Pearson Correlation	.771**	.275	.288	1
	Sig. (2-tailed)	.000	.269	.247	

**. Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

ملحق(9) كروماتوغرافيا جهاز GC-MASS لمركبات PCBs في الرواسب خلال الشتاء

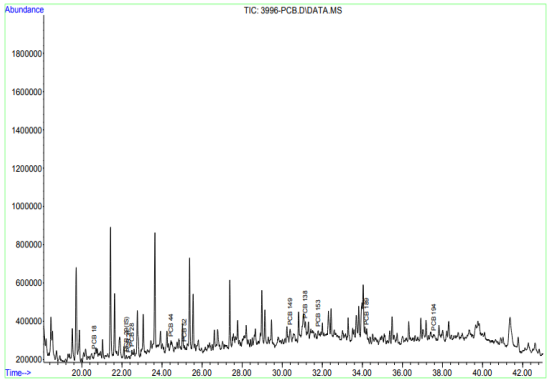
St.1

File :G:\□ÒÇÑÔ 1402\1402-12-22\3995-PCB.D
Operator :
Acquired : 13 Mar 2024 13:29 using AcqMethod PCBS.M
Instrument : gc-ms2--5975
Sample Name: 3995-PCB
Misc Info :
Vial Number: 85



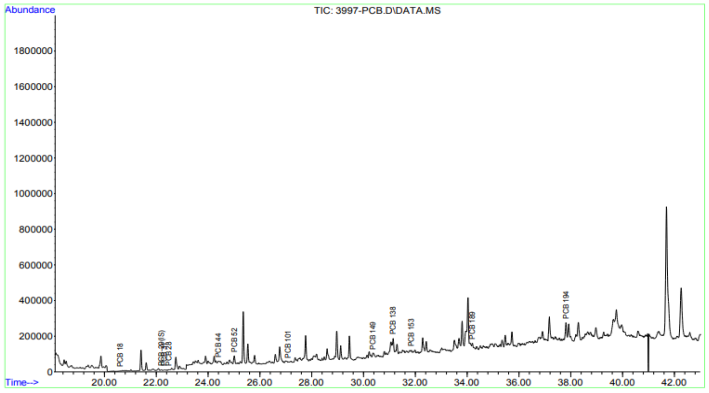
St.2

File :G:\□ÒÇÑÔ 1402\1402-12-22\3996-PCB.D
Operator :
Acquired : 13 Mar 2024 14:16 using AcqMethod PCBS.M
Instrument : gc-ms2--5975
Sample Name: 3996-PCB
Misc Info :
Vial Number: 86



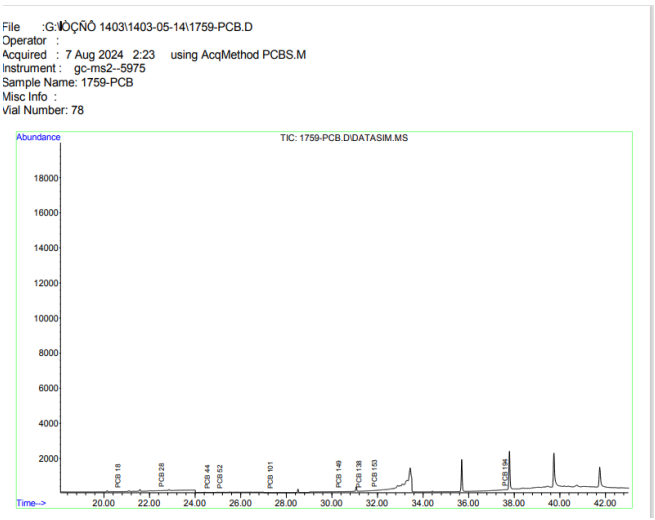
St.3

File :G:\□ÒÇÑÔ 1402\1402-12-22\3997-PCB.D
Operator :
Acquired : 13 Mar 2024 15:04 using AcqMethod PCBS.M
Instrument : gc-ms2--5975
Sample Name: 3997-PCB
Misc Info :
Vial Number: 87

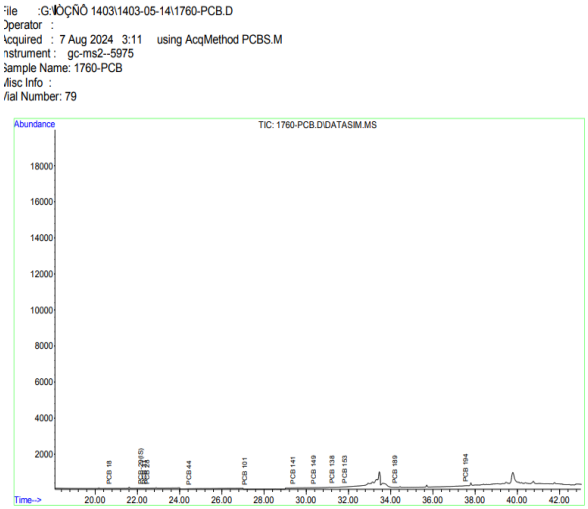


ملحق(10) كروماتوغرافيا جهاز GC-MASS لمركبات PCBs في الرواسب خلال الصيف

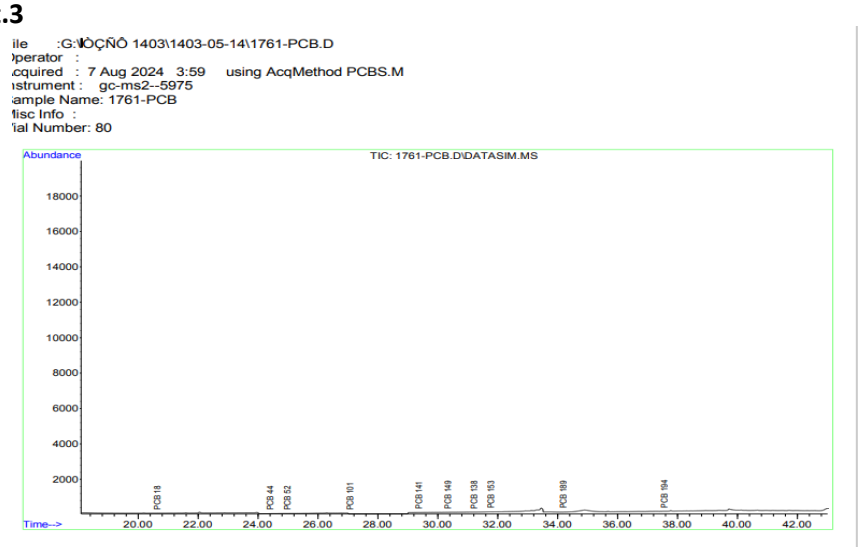
St.1



St.2



St.3



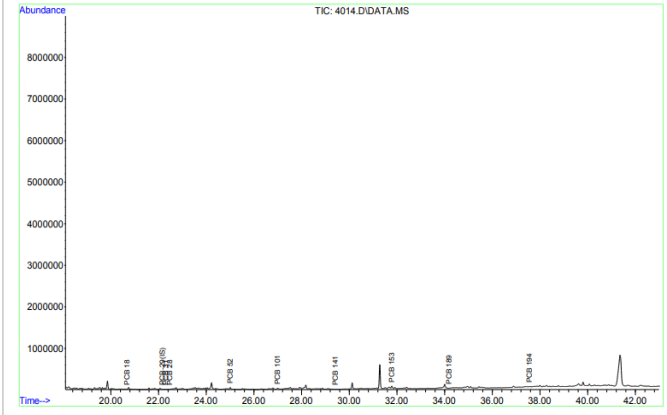
ملحق(11) كروماتوغرافيا جهاز GC-MASS لمركبات PCBs في المياه خلال الشتاء

St.1

File :G:\□ÒÇÑÔ 1402\1402-12-22\4015.D
Operator :
Acquired : 11 Mar 2024 16:30 using AcqMethod PCBS.M
Instrument : gc-ms2--5975
Sample Name: 4015
Misc Info :
Vial Number: 81

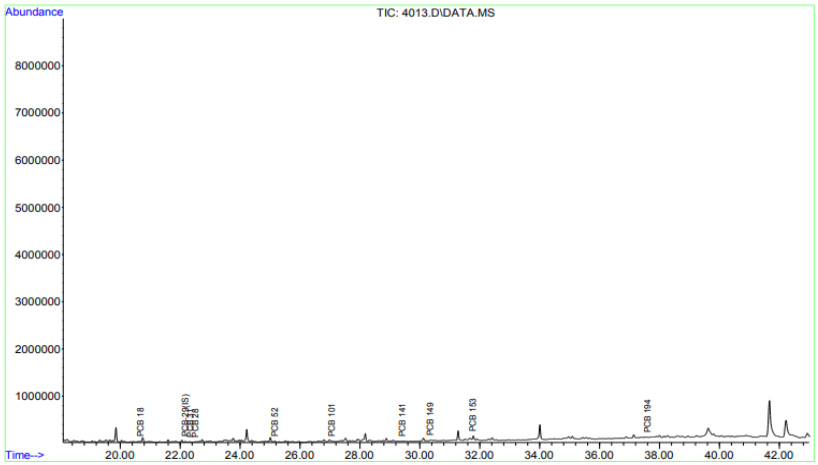
St.2

File :G:\□ÒÇÑÔ 1402\1402-12-22\4014.D
Operator :
Acquired : 11 Mar 2024 17:18 using AcqMethod PCBS.M
Instrument : gc-ms2--5975
Sample Name: 4014
Misc Info :
Vial Number: 82



St.3

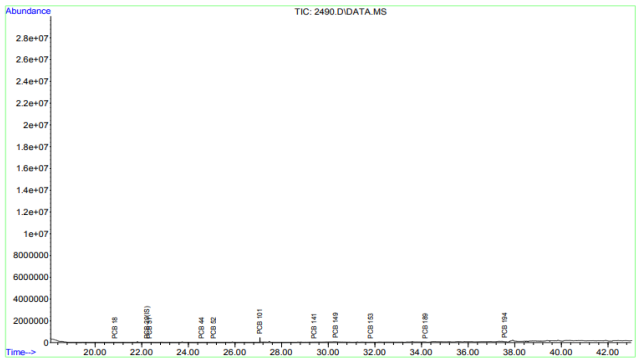
File :G:\□ÒÇÑÔ 1402\1402-12-22\4013.D
Operator :
Acquired : 11 Mar 2024 18:06 using AcqMethod PCBS.M
Instrument : gc-ms2--5975
Sample Name: 4013
Misc Info :
Vial Number: 83



ملحق(12) كروماتوغرافيا جهاز GC-MASS لمركبات PCBs في المياه خلال الصيف

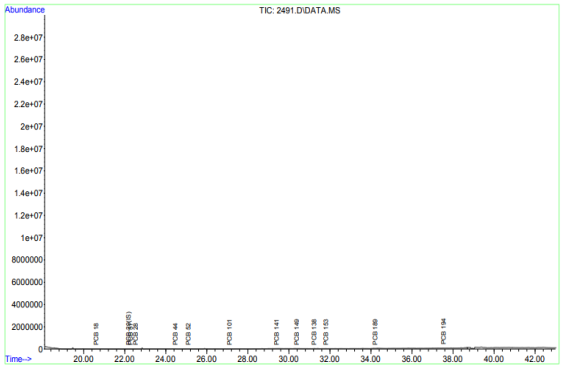
St.1

File :G:\ÒÇÑÔ 1402\1402-08-20\2490.D
Operator :
Acquired : 12 Nov 2023 20:46 using AcqMethod PCBS.M
Instrument : gc-ms2--5975
Sample Name: 2490
Misc Info :
Vial Number: 84



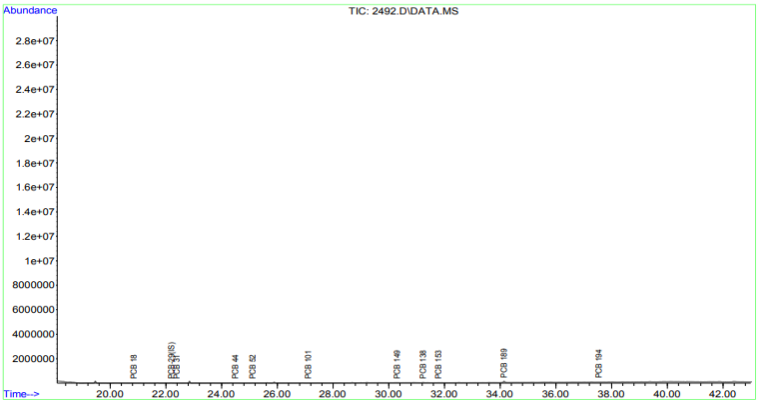
St.2

File :G:\ÒÇÑÔ 1402\1402-08-20\2491.D
Operator :
Acquired : 12 Nov 2023 21:33 using AcqMethod PCBS.M
Instrument : gc-ms2--5975
Sample Name: 2491
Misc Info :
Vial Number: 85



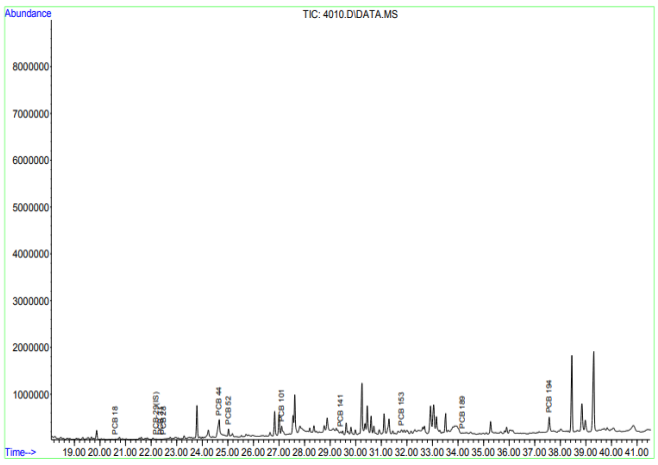
St.3

File :G:\ÒÇÑÔ 1402\1402-08-20\2492.D
Operator :
Acquired : 12 Nov 2023 22:21 using AcqMethod PCBS.M
Instrument : gc-ms2--5975
Sample Name: 2492
Misc Info :
Vial Number: 86

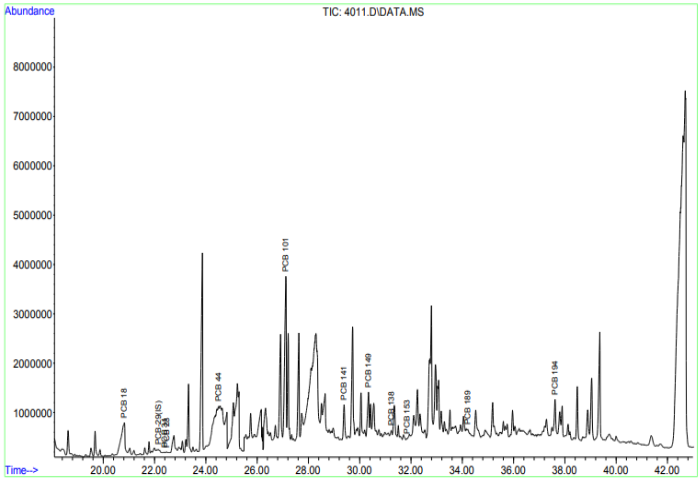


ملحق(13) كروماتوغرافيا جهاز GC-MASS لمركبات PCBs في انسجة سمك *Cyprinus carpio* خلال الشتاء

File :G:\□ÒÇÑÔ 1402\1402-12-22\4010.D
Operator :
Acquired : 11 Mar 2024 20:28 using AcqMethod PCBS.M
Instrument : gc-ms2--5975
Sample Name: 4010
Misc Info :
Vial Number: 86



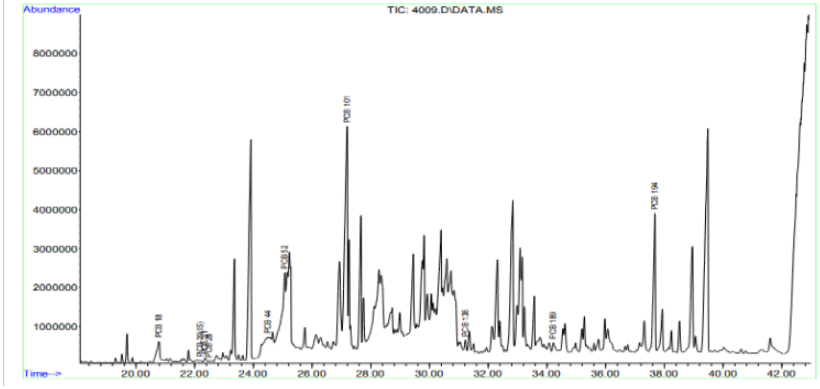
File :G:\□ÒÇÑÔ 1402\1402-12-22\4011.D
Operator :
Acquired : 11 Mar 2024 19:41 using AcqMethod PCBS.M
Instrument : gc-ms2--5975
Sample Name: 4011
Misc Info :
Vial Number: 85



Muscle

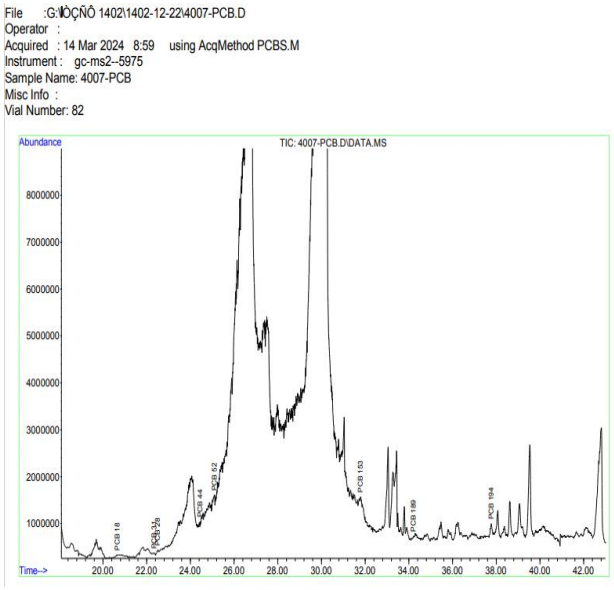
Liver

File :G:\□ÒÇÑÔ 1402\1402-12-22\4009.D
Operator :
Acquired : 11 Mar 2024 21:14 using AcqMethod PCBS.M
Instrument : gc-ms2--5975
Sample Name: 4009
Misc Info :
Vial Number: 87

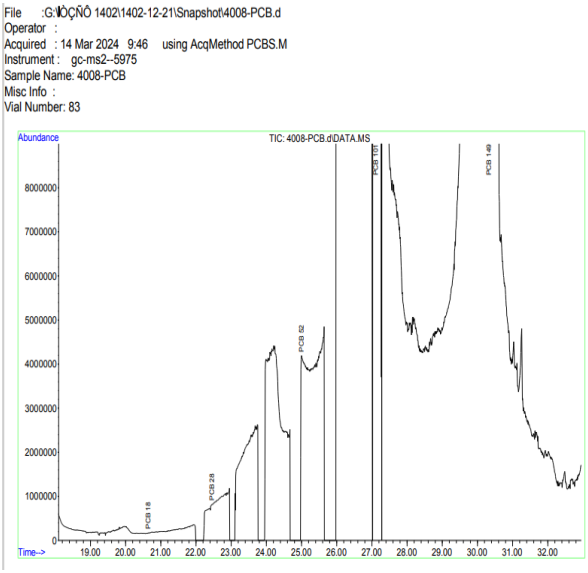


Egg

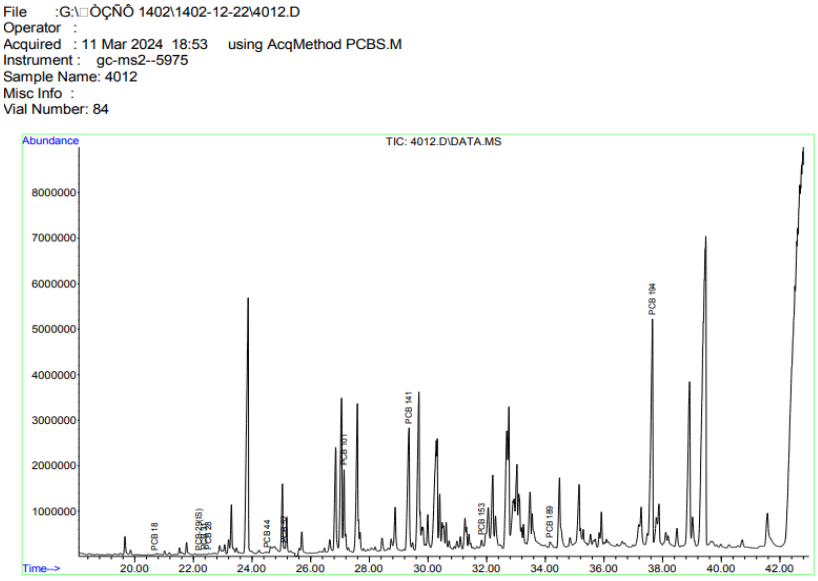
ملحق(14) كروماتوغرافيا جهاز GC-MASS لمركبات PCBs في انسجة سمك *Liza abu* خلال الشتاء



Muscle

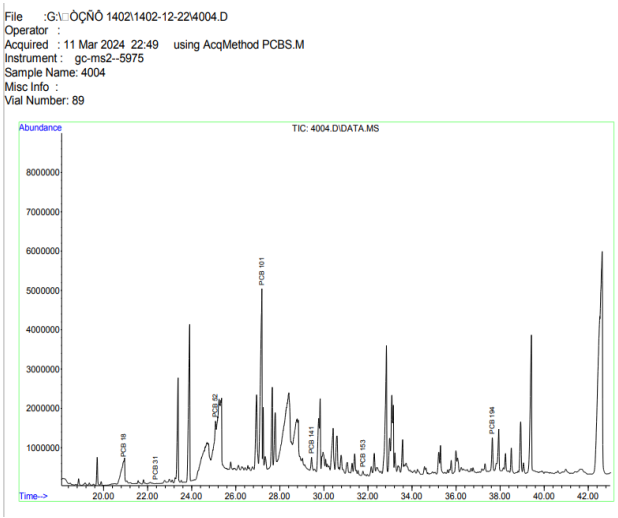


Liver

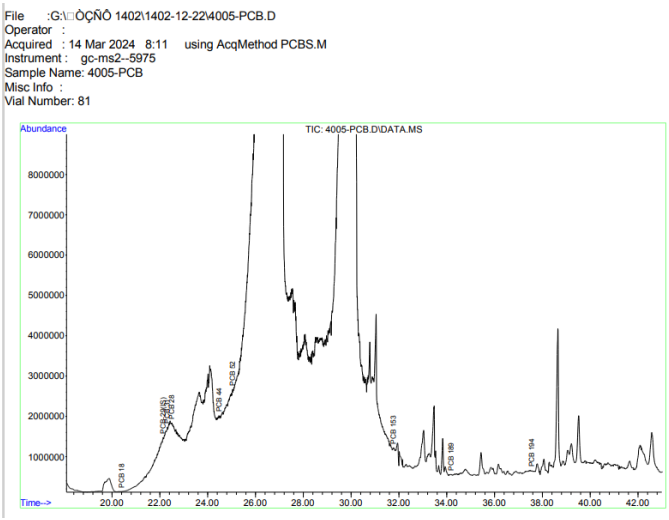


Egg

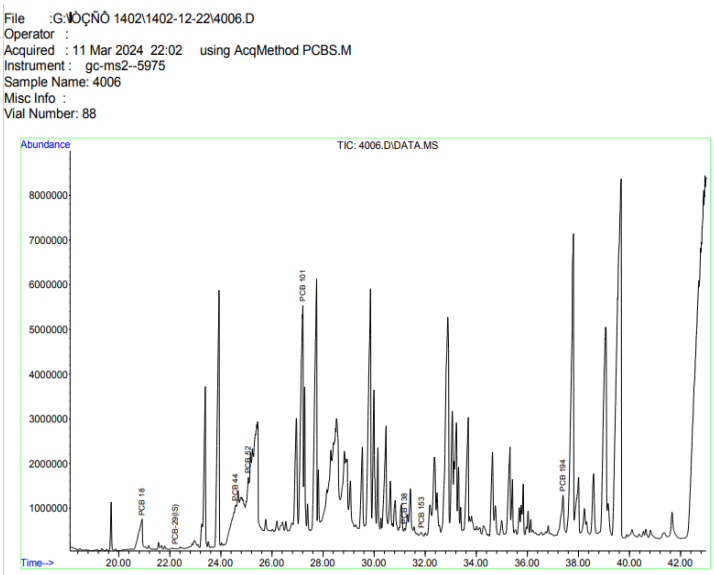
ملحق(15) كروماتوغرافيا جهاز GC-MASS لمركبات PCBs في انسجة سمك *B. xanthopterin* خلال الشتاء



Muscle

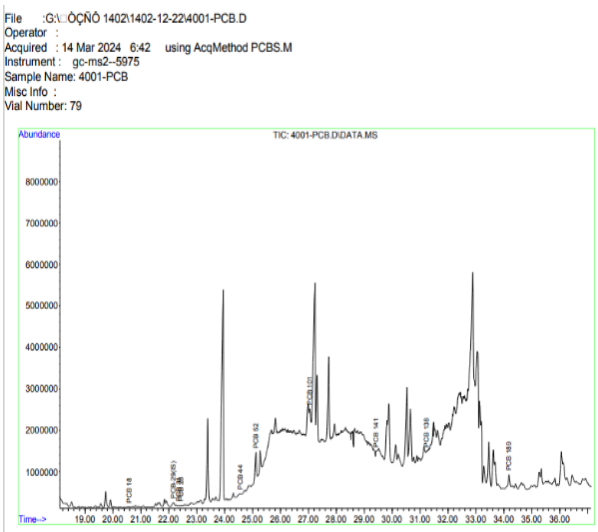


Liver

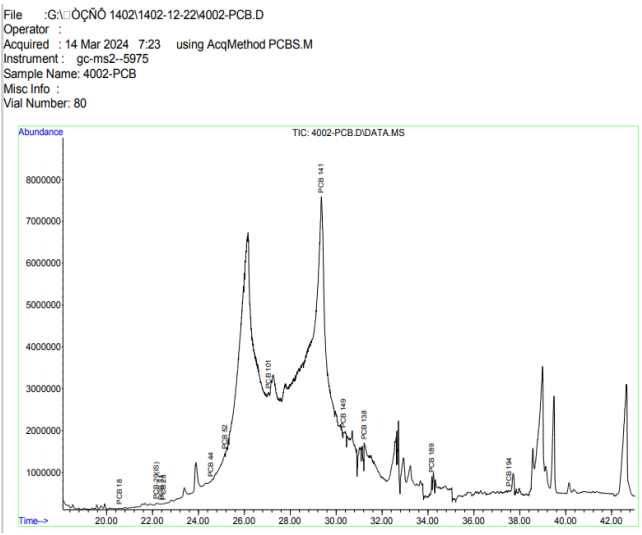


Egg

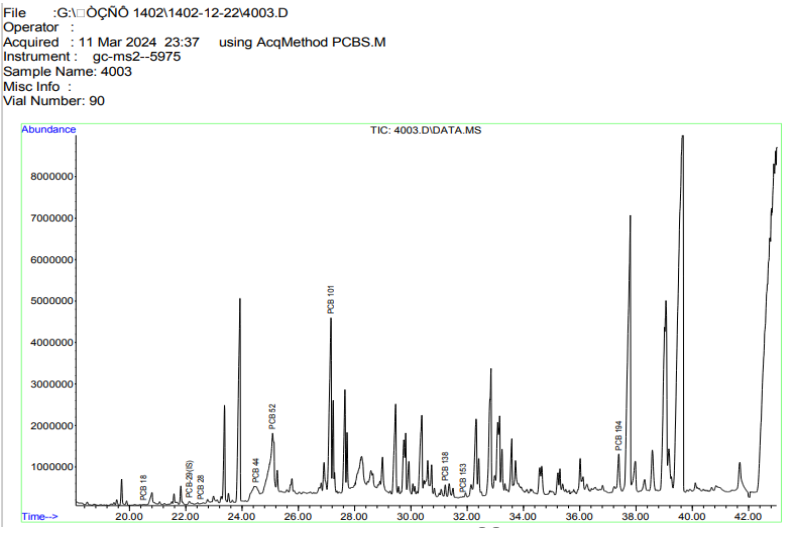
ملحق(16) كروماتوغرافيا جهاز GC-MASS لمركبات PCBs في انسجة سمك *Aspius vorax* خلال الشتاء



Muscle

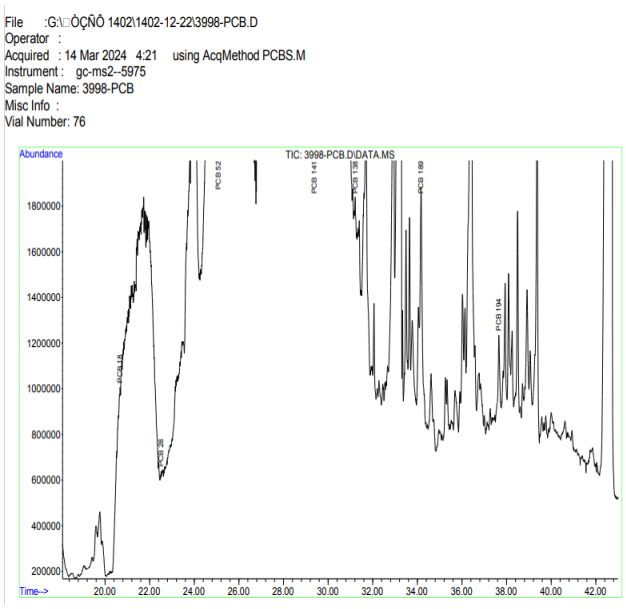


Liver

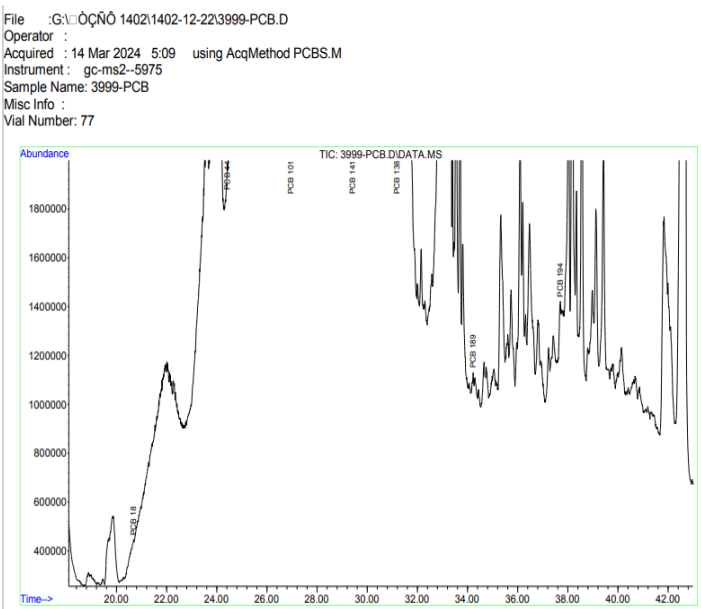


Egg

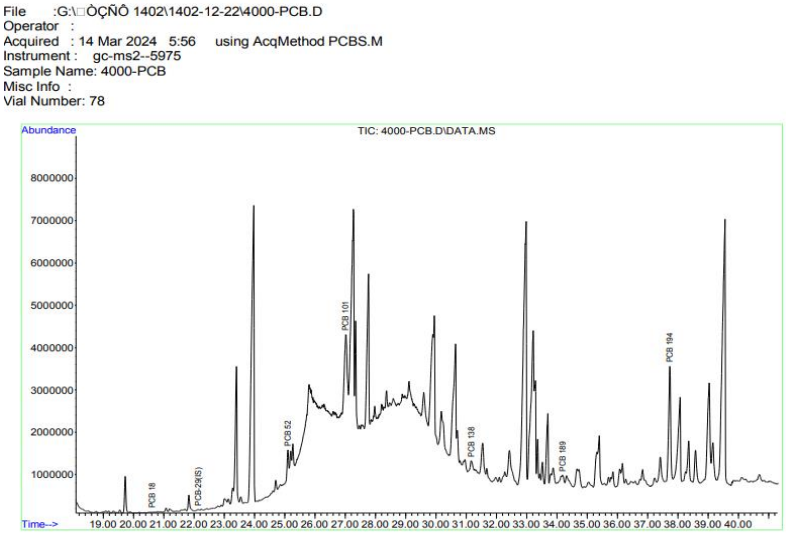
ملحق(17) كروماتوغرافيا جهاز GC-MASS لمركبات PCBs في انسجة سمك *A. latus* خلال الشتاء



Muscle

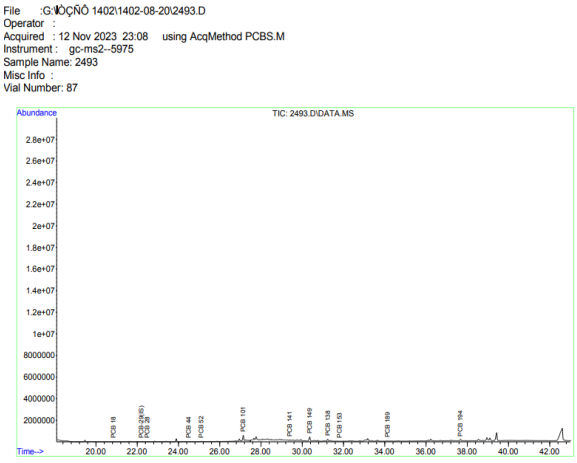


Liver

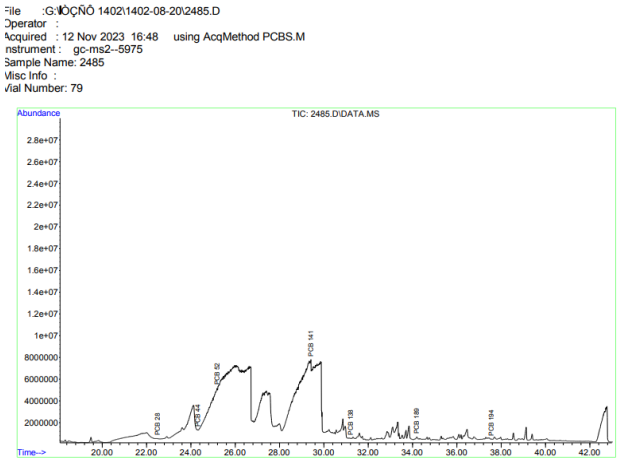


Egg

ملحق(18) A: كروماتوغرافيا جهاز GC-MASS لمركبات PCBs في انسجة سمك *Cyprinus carpio* خلال الصيف

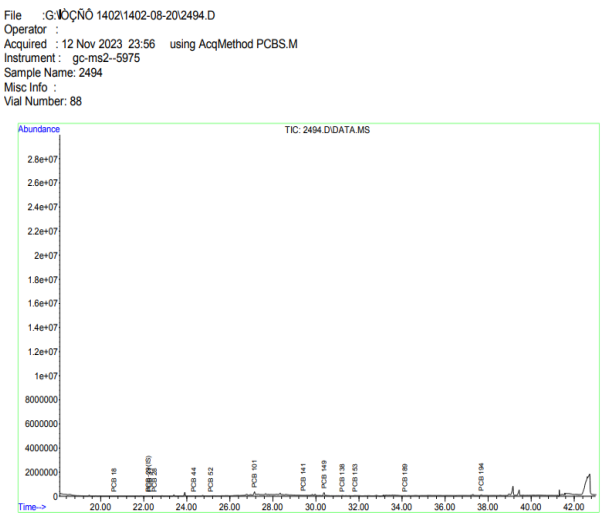


Muscle

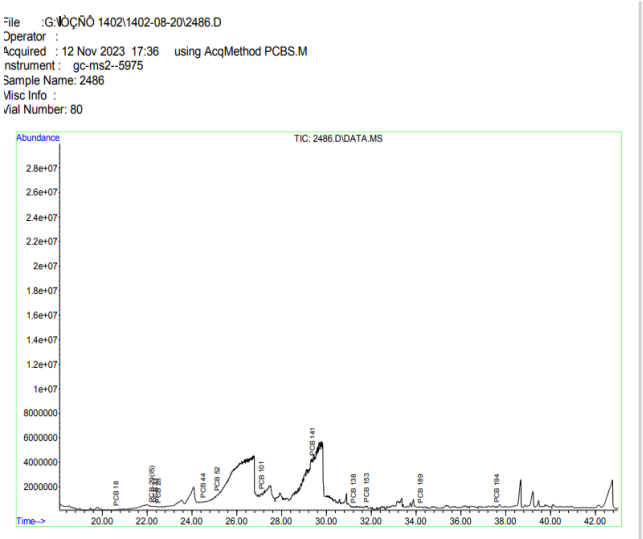


Liver

B: كروماتوغرافيا جهاز GC-MASS لمركبات PCBs في انسجة سمك *Liza abu* خلال الصيف

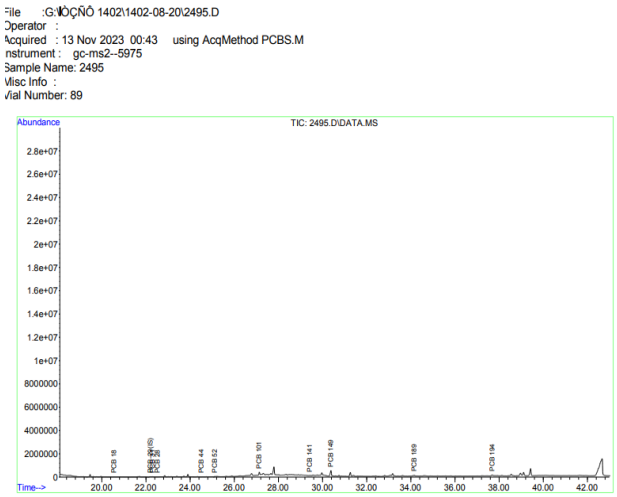


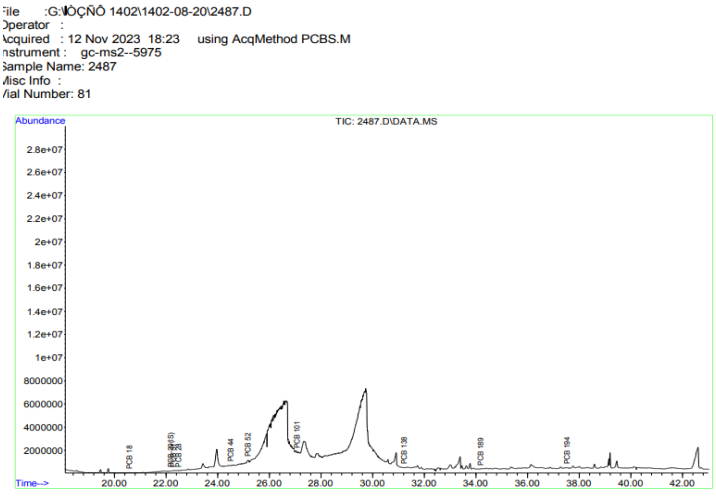
Muscle



Liver

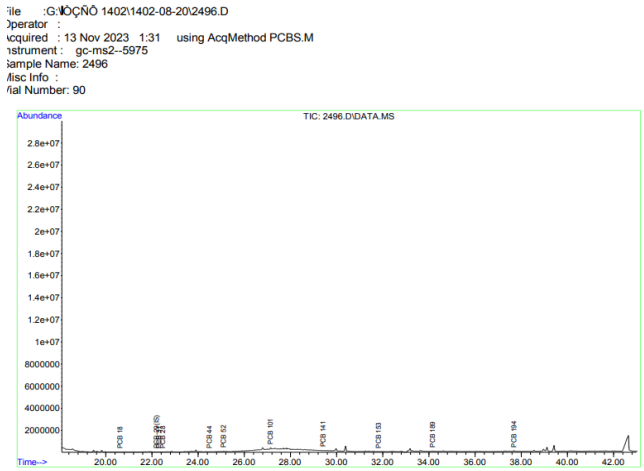
ملحق(19) A: كروماتوغرافيا جهاز GC-MASS لمركبات PCBs في انسجة سمك *B. xanthopterin* خلال الصيف

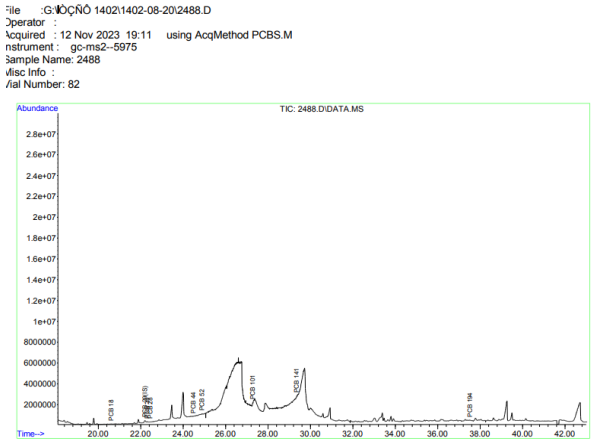




Muscle Liver

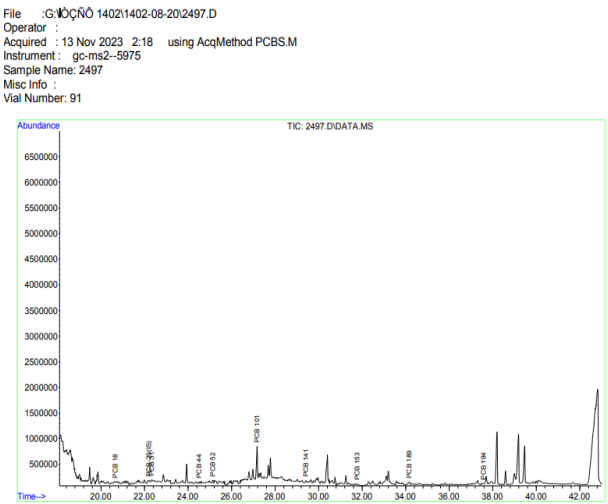
B: كروماتوغرافيا جهاز GC-MASS لمركبات PCBs في انسجة سمك *Aspius vorax* خلال الصيف

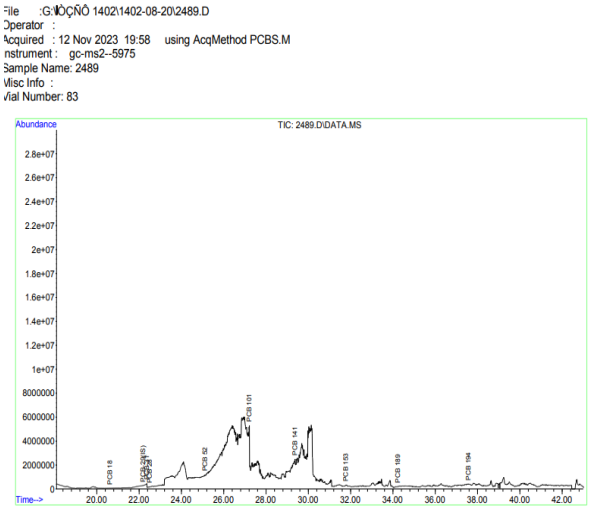




Muscle Liver

C: كروماتوغرافيا جهاز GC-MASS لمركبات PCBs في انسجة سمك *A. latus* خلال الصيف





Muscle Liver

Summary

The study looked at measuring the levels of polychlorinated biphenyls (PCBs) and identifying their kinds in water, sediment, liver, muscle, and egg samples from five species of fish in the Tigris River in Maysan Governorate. Water and sediment samples were collected from three stations: Al-Qhera, Al-Zuyout, and Qalat Salih. Additionally, some environmental factors such as water and air temperature, pH, salinity, electrical conductivity, and total dissolved solids in water samples were measured, as well as the percentage of total organic carbon content and the sediment texture components.

The air and water temperatures ranged between (19-40) and (12-33)°C, respectively. The pH values ranged between 6.57 to 8.67 and were within the alkaline trend. The salinity ranged between (3.6-4.7) ppt, the electrical conductivity between (1761-2424) µS/cm, and the total dissolved solids between (801-1288) mg/L. The percentage of total organic carbon content in the sediments ranged between (3.20-8.96)% during the summer and winter, respectively. The sediment textures were of the sandy silt type, with the percentage of silt ranging between 45 to 69%, sand between 12 to 50%, and clay between 5 to 25%.

The gas chromatography-mass spectrometry (GC-MASS) device was used to measure PCB compounds in the study samples. The concentrations of PCB compounds in the water ranged from 1.50 ng/L at Al-Qhera station in winter to 3.53 ng/L at Al-Zuyout during the same season.. Low-chlorinated congeners dominated the water, ranging from 0.39 ng/L at Al-Zuyout in summer to 2.33 ng/L at Al-Qhera during the same season. High-chlorinated congeners ranged from 0.43 ng/L at Al-Qhera in summer to 1.49 ng/L at Al-Zuyout during the same season. The predominant percentages recorded were for PCB18, PCB52, and PCB189 compounds.

In the sediments, the concentrations ranged from 1.12 ng/g in Qalat Saleh during winter to 12.18 ng/g dry weight in Al-Qhera during summer. High-chlorinated congeners predominated in the sediments, ranging from 0.17 to 7.37 ng/g while low-chlorinated congeners ranged from 0.88 to 6.66 ng/g dry weight during winter and summer, respectively. The predominant percentages were for PCB18, PCB44, PCB52, and PCB189.

As for the fish, the total concentrations of PCBs in *Cyprinus carpio* ranged from 1.89 to 6.56 ng/g dry weight in muscles and eggs, respectively, in winter. High-chlorinated congeners predominated, ranging between (0.78-4.85) ng/g while low-chlorinated ones ranged between (0.39-2.38) ng/g dry weight. The percentages of

PCBs 52, 138, and 189 were noted, In *Liza abu*, the concentrations ranged between (0.62-4.26) ng/g dry weight in muscles and eggs during summer and winter, respectively, with a predominance of low-chlorinated congeners ranging between (0.16-2.72) ng/g dry weight. The predominant percentages of PCB101 and PCB194 compounds, in *Barbus xanthopterin* ranged between (1.57 -3.10) ng/g dry weight in muscles and eggs during summer and winter, respectively. Low-chlorinated congeners ranged between (0.38-2.41) ng/g, and high-chlorinated congeners ranged between (0.27-1.19) ng/g dry weight. The predominant percentages of PCB52, PCB101, and PCB189 compounds, in *Aspius vorax* ranged between (1.03-6.93) ng/g dry weight in muscles and liver during summer and winter, respectively. The dominance was of high-chlorinated congeners, which ranged between (0.71 - 4.70) ng/g dry weight, and the predominant percentages of PCB18, PCB101, PCB189, and PCB149 compounds , while in *Acanthopagrus latus* fish, they ranged between (1.69-46.9) ng/g dry weight in muscles and eggs during summer and winter, respectively. The predominance of low-chlorinated congeners ranged between (0.71-43.24) ng/g, and high-chlorinated ones between (0.98-9.09) ng/g dry weight, with PCB101 being the predominant compound.

The results of the statistical analysis indicated that the highest concentrations of PCBs were found in *A. latus* fish, followed by *C. carpio* fish, due to their ability to accumulate PCBs in their tissues. The high-chlorinated PCBs in the fish tissues during winter were elevated due to their stability and resistance to degradation. Overall, there were more tri-, tetra-, and penta-chlorinated compounds, while hexa-, hepta-, and octa-chlorinated compounds were present in smaller amounts, along with the other compounds. We recorded the concentrations of these compounds in the fish tissues as follows: eggs > muscles > liver. The percentages of dominant PCBs in the study samples were PCB101, PCB18, PCB138, and PCB141, followed by lower percentages of PCB149, PCB153, and PCB194.

In the comparison of PCB concentrations in water, sediments, and fish, sediments were dominant during summer because the compounds adhered to them. In contrast, fish were dominant during winter due to the compounds' affinity for fats and their accumulation within fatty tissues. Due to the low solubility of the compounds in water, the concentrations in water were low. The study results indicated that the concentration levels of PCBs were ranked as follows: fish >sediments > water. The levels of PCBs were within the globally permissible limits, indicating that there is currently no significant risk from consuming fish

This is the first study of its kind in the region and the third in Iraqi waters, and it can be used as a basic reference study for subsequent research.

Republic of Iraq

Ministry of Higher Education and Scientific Research

University of Misan - College of Science

Department of biology

Bioaccumulation of polychlorinated biphenyls compounds in some fish species of Tigris River / Maysan governorate/ Iraq

A thesis

Submitted to the Council of the College of Science/ University of Misan as Partial Fulfillment of the Requirements for the Master Degree Biology

BY

Halima Bahar Kazim

B.Sc. Biology (2007)

Supervised

Prof.Dr.Salih Hassan Jazza

2025 A.D **1446 A.H**