سلطنة عمان
وزارة التربية والتعليم

محافظة ظفار

مدرسة أم سليم الانصارية (٥-١٠)

تأثير المعادن الثقيلة على تناقص الأسماك في منطقة ريسوت ودور الطحالب في المعالجة الحيوية

عمل الطالبتان:

الجوهرة محمد زعبنوت أسماء أحمد باقي

إشراف الأستاذة: أ. مريم علي مهوي هبيس

العام الدراسي 2025/2024

جدول المحتويات والصفحات

م	المحتويات	الصفحات
1	**الملخص**	2
2	المقدمة ومراجعة الأدبيات	3
3	طرق البحث	4
4	النتائج	7
5	مناقشة النتائج	10
6	الخلاصة والتوصيات	11
7	الشكر والتقدير	12
8	المراجع	12

الملخص

يهدف البحث إلى إيجاد حل لمشكلة تناقص عدد الأسماك في مدينة ريسوت للصيد ، حيث أن الأملاح الثقيلة تعد سبباً في تناقص أعداد الأسماك في منطقة ريسوت ، تم اختيار طريقة الطحالب (البنية و الخضراء) ودراسة مدى تأثيرها على تقليل الأملاح المعدنية الثقيلة الموجودة في المياه ، حيث ظهر انخفاض في نسبة المعادن الموجودة في الماء بعد إضافة الطحالب (الخضراء و البنية) ، وذلك لأن الطحالب تعمل على امتصاص المعادن الموجودة في الماء التي تسبب تلوث الماء مما يؤدي إلى تناقص عدد الأسماك الموجودة في بحر ريسوت ، 1- هل هناك علاقة بين الرقم الهيدروجيني ووجود المعادن الثقيلة ؟تم استخدام بروتوكول الماء لمقارنة الرقم الهيدروجيني للعام الماضي وهذا العام لنجد أن الحامضية تزيد وايضا عند قياس نسبة المعادن الموجودة في 135 مل من الماء اتضح أنه توجد نسب عالية من الكادميوم و الرصاص حيث أنها تزيد عن النسبة المسموحة لكل من الكادميوم والرصاص مما يؤكد وجود علاقة بين الحامضية وتراكيز المعادن الثقيلة ويؤكد وجود تلوث قد يؤدي إلى نفوق الأسماك ، 2-هل للطحالب الخضراء والبنية فعالية على التخلص من المعادن الثقيلة؟ عند استخدام الطحالب الخضراء والبنية بهدف دراسة مدى امتصاصه للمعادن الثقيلة الموجودة في الماء ، ظهر أن للطحالب قدرة على امتصاص والتخلص من المعادن الثقيلة ، 3-هل تعتمد نسبة امتصاص العناصر الثقيلة على نوع الطحالب ؟

إن نسبة امتصاص المعادن الثقيلة مختلفة من طحالب لأخرى ، حيث أن الطحالب البنية قادرة على امتصاص نسبة أكبر من المعادن الثقيلة أكثر من الطحالب الخضراء ،وبهذا فإن نسبة امتصاص العناصر الثقيلة تعتمد على نوع الطحالب .

لضمان استدامة الثروة السمكية وصحة السكان، يجب اتخاذ تدابير عاجلة لمعالجة التلوث والحد من مصادره مثل : مراقبة الأنشطة الصناعية والموانئ القريبة من الساحل، واتخاذ تدابير لمنع تصريف المخلفات السامة في البحر ، إجراء اختبارات دورية على جودة المياه للكشف المبكر عن التلوث واتخاذ التدابير المناسبة ، فرض قوانين بيئية صارمة للحد من تصريف المعادن الثقيلة في البحر.

المصطلحات الرئيسية

المعادن الثقيلة: المعادن الثقيلة هي عناصر كيميائية ذات كثافة عالية تفوق 5 جم/سم^3، وتتميز بسمّيتها حتى عند تركيزات منخفضة. ومن أبرز هذه المعادن: الرصاص (Pb)، الزئبق (Hg)، الكادميوم (Cd)، الزرنيخ (As)، والكروم (Cr) **(1).**

الطحالب: هي كائنات حية بسيطة تنتمي إلى المملكة النباتية أو الأوليات، وتعيش غالبًا في البيئات المائية مثل البحار، الأنهار، والبرك. تتميز بقدرتها على القيام بعملية البناء الضوئي لإنتاج الأكسجين والمركبات العضوية، مما يجعلها ضرورية لاستدامة الحياة في البيئات المائية. **(2).**

المعالجة الحيوية: عملية تستخدم الكائنات الحية الدقيقة (مثل البكتيريا والفطريات) أو النباتات أو الطحالب لتحليل أو إزالة الملوثات من البيئة، بما في ذلك التربة، المياه، والهواء. تعتبر هذه التقنية صديقة للبيئة وأكثر استدامة مقارنة بالطرق الكيميائية أو الفيزيائية التقليدية.**(3).**

جهاز مطياف الامتصاص الذريA.A.S : هو تقنية تحليلية تُستخدم لقياس تركيز العناصر المعدنية في العينات من خلال امتصاص الذرات لضوء بطول موجي محدد. يعتمد على امتصاص الإشعاع الضوئي بواسطة الذرات الحرة في الحالة الغازية، حيث تمتص كل ذرة طولًا موجيًا محددًا يتناسب مع تركيزها في العينة. **(4).**

أسئلة البحث:

1-هل هناك علاقة بين الحامضية وزيادة تركيز المعادن الثقيلة؟

2-هل تحتوي مياه بحر ريسوت على نسبة ملوثة من المعادن الثقيلة؟

3-هل للطحالب الخضراء والبنية فعالية على التخلص من المعادن الثقيلة؟

4-هل تعتمد نسبة امتصاص العناصر الثقيلة على نوع الطحالب ؟

المقدمة ومراجعة الأدبيات:

للحفاظ على الثروة السمكية في مدينة ريسوت، التي تشهد تناقصًا ملحوظًا في أعداد الأسماك، يتطلب مجموعة من الإجراءات البيئية والاقتصادية التي تساهم في استدامة هذا المورد الحيوي

بالنظر إلى أهمية الأسماك في الاقتصاد المحلي والبيئة، فإن الحفاظ على هذه الثروة يتطلب التنسيق بين الحكومة ،والمجتمعات المحلية، والمنظمات البيئية.

تعود أسباب هذا التناقص إلى عدة عوامل، أبرزها الصيد الجائر، التلوث البيئي، التغيرات المناخية، وتدمير الموائل البحرية ،و الازدهار الطحلبي وهو الذي يمثل تهديدًا كبيرًا للأنظمة البيئية البحرية و المياه العذبة وقد يسبب هذا التزايد الغير الطبيعي للطحالب اضرارًا بيئية وصحية واقتصادية .تشير الدراسات السابقة إلى أن انخفاض Phيزيد من ذوبانية المعادن الثقيلة مثل الكادميوم والرصاص، مما يجعلها أكثر سُمية للكائنات الحية المائية (الجابري، 2019). كما وجدت دراسة لعبد الله (2020) أن ارتفاع تركيز هذه المعادن في أنسجة الأسماك يؤدي إلى اضطرابات في الوظائف الفسيولوجية، مما قد يؤدي إلى نفوقه.

إن تناقص أعداد الأسماك في مدينة ريسوت يسبب تأثيرات بيئية بالغة الخطورة تشمل اختلالات في السلسلة الغذائية البحرية، تدهور الشعاب المرجانية والأعشاب البحرية، وزيادة الطحالب الضارة التي تضر بجودة المياه و نقص في الكائنات البحريه التي تتغذى على الطحالب .

كما أن هذا التناقص يعزز من انخفاض التنوع البيولوجي ويؤثر على صحة النظام البيئي الساحلي. لحماية البيئة البحرية وضمان استدامتها، من الضروري تطبيق ممارسات صيد مستدامة، الحد من التلوث البحري، وتحسين حماية الموائل البحرية. هذا البحث يهدف الى دراسة العوامل البيئية المؤثرة على تناقص اعداد الأسماك في منطقة ريسوت، مع التركيز على تحليل التلوث الناجم عن المعادن الثقيلة والمواد الكيميائية في التربة الساحلية والمياه البحرية. يتم دمج منهجيات جمع العينات وتحليلها لتحديد مدى تأثير التلوث على الموائل البحرية والحياة السمكية ويهدف إلى استخدام المعالجة الحيوية بالطحالب ودراسة مدى فعاليتها على التخلص من المعادن الثقيلة.

طرق البحث (المواد والطريقة):

خطة العمل:

العمل	الفترة الزمنية	الطالبات المنفذات
صياغة مشكلة البحث وتحديد الأدوات	ديسمبر	أسماء و الجوهرة
جمع وتحليل البيانات وحساب وتنفيذ البحث	يناير	أسماء و الجوهر ة
التوصل للاستنتاجات وكتابة التقرير وتقديمه	يناير و فبراير	أسماء و الجوهر ة

جدول(1): التوقيت الزمني لخطة العمل وتوزيع الأدوار

منهج البحث: يعتمد البحث على **المنهج التجريبي والتحليلي** لدراسة تأثير المعادن الثقيلة على البيئة المائية ودور الطحالب في معالجتها.

أداة البحث: تعتمد أدوات البحث على القياس العملي والتحليل الكيميائي ودراسات الإحصائية لضمان دقة النتائج.

خطوات البحث :

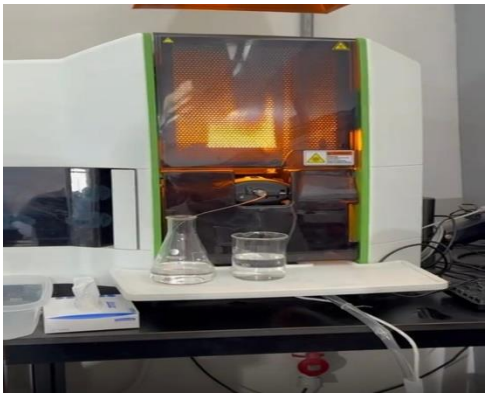
1- تحديد الموقع وأخذ الإحداثيات.
2- أخذ عينة من ماء البحر وقياس الرقم الهيدروجيني والأملاح الذائبة.
3- أخذ نوعين من الطحالب (الأخضر و البني).
4- إضافة نفس كمية الماء إلى نوعين من الطحالب في أوعية مفتوحة نسبيا.
5- ترشيح عينة من الماء قبل استخدامها
6- إستخدام جهاز مطياف الإمتصاص الذري AAS
7- تحليل نسبة الكادميوم Cd قبل استخدام الطحالب
8- تحليل نسبة الرصاص Pb قبل استخدام الطحالب
9- تحليل نسبة الكادميوم Cd وPb بعد استخدام الطحالب

موقع الدراسة :

الشكل (1): موقع الدراسة منطقة ريسوت

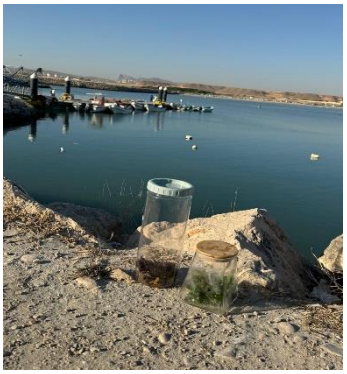
جمع وتحليل البيانات:

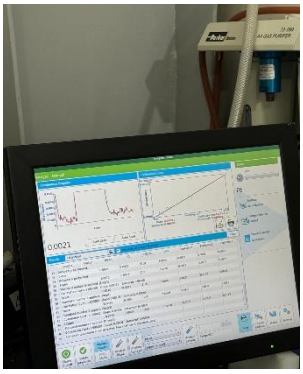
-للإجابة عن السؤال الأول والثاني تم أخذ عينة من ماء بحر ريسوت وبالتحديد من مكان الصيد وترشيح المياه قبل استخدامها لجهاز التحليل وثم وضعها في جهاز التحليل لاستقصاء النتائج.



الشكل(2):خطوات العمل اخذ عينة وترشيحها ثم استخدامها في الجهاز

-للإجابة عن السؤال الثالث والرابع تم اخذ نوعين من الطحالب الخضراء والبنية وأضافت نفس الكمية من الماء العينة لها وهي تقريبا 500 مل لكل طحلب ووضعهم في أوعية مفتوحة نسيباً ومن ثم أخذ القراءات للعناصر الثقيلة كل يومين .





الشكل(3):اخذ نوعين من الطحالب ،إضافة ماء البحر 500مل لكل منهم ،ترشيحهم بعد كل يومين واخذ القراءات من الجهاز

النتائج:

تظهر النتائج مقارنة قيمة الPH بين العام الماضي والحالي لمنطقة ميناء الصيد بريسوت باستخدام بروتوكول الماء:

التوقيت	الرقم الهيدروجينيPh	الأملاح الذائبة TDSبوحدة ppt
فبراير 2024	7.86	36.6 المصدر هيئة البيئة
فبراير 2025	6.96	36.6<

جدول(2):مقارنة الرقم الهيدروجيني وTDS لعاميين متتالين

نسبة التغير في الPh=

$$\text{نسبة التغير}\% = \frac{7.86 - 6.96}{7.86} \times 100 \approx 11.5\%$$

بعد ظهور **انخفاض** للرقم الهيدروجيني كان لابد من قياس تراكيز المعادن الثقيلة في العينة حيث

تظهر النتائج تركيز كل من الرصاص والكادميوم في 135مل من عينة ماء بحر ريسوت للصيد:

العنصر	التركيز المُقاس (ملغم/لتر)	الحد المسموح به وفق WHO (ملغم/لتر)	نسبة الزيادة (%)
الكادميوم (Cd)	0.032	0.005	540%
الرصاص (Pb)	0.635	0.01	6250%

جدول (3):تراكيز المعادن الثقيلة في العينة والمعيار المسموح به ونسبة الزيادة

تم حساب نسبة الزيادة باستخدام القانون التالي:

$$\text{نسبة الزيادة}(\%) = \frac{\text{التركيز المسموح} - \text{التركيز المقاس}}{\text{التركيز المسموح}} \times 100$$

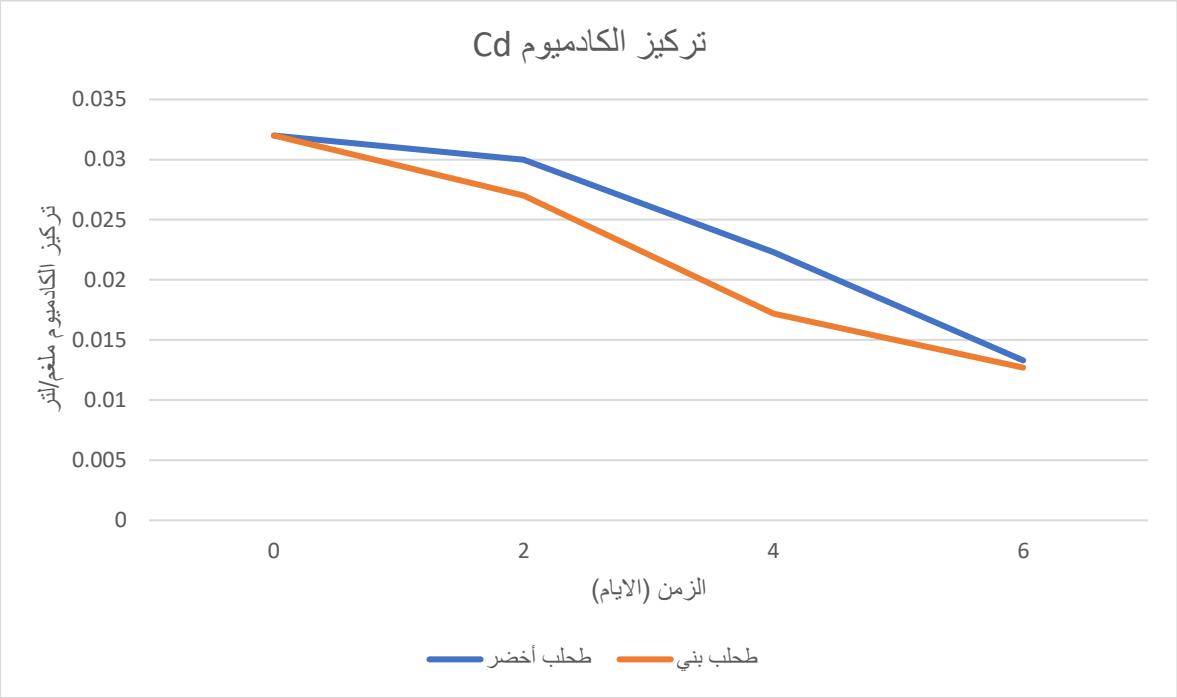
$$\text{نسبة الزيادة الكادميوم} = \frac{0.032 - 0.005}{0.005} \times 100 = 540\%$$

$$\text{نسبة الزيادة الرصاص} = \frac{0.635 - 0.01}{0.01} = 6250\%$$

تظهر النتائج الاتية تراكيز الكادميوم والرصاص في العينة المستخدم فيها الطحالب الخضراء والطحالب البنية

الزمن(الأيام)	0	2	4	6
تركيز الكادميوم في الطحلب الاخضر	0.032	0.03	0.022	0.0133
تركيز الكادميوم في الطحلب البني	0.032	0.027	0.0172	0.0127

جدول(4):تراكيز الكادميوم في عينة الطحالب الخضراء والبنية



الشكل(4):تركيز الكادميوم في كلا العينات

نسبة انخفاض الكادميوم بعد يومين في الطحالب الخضراء ←

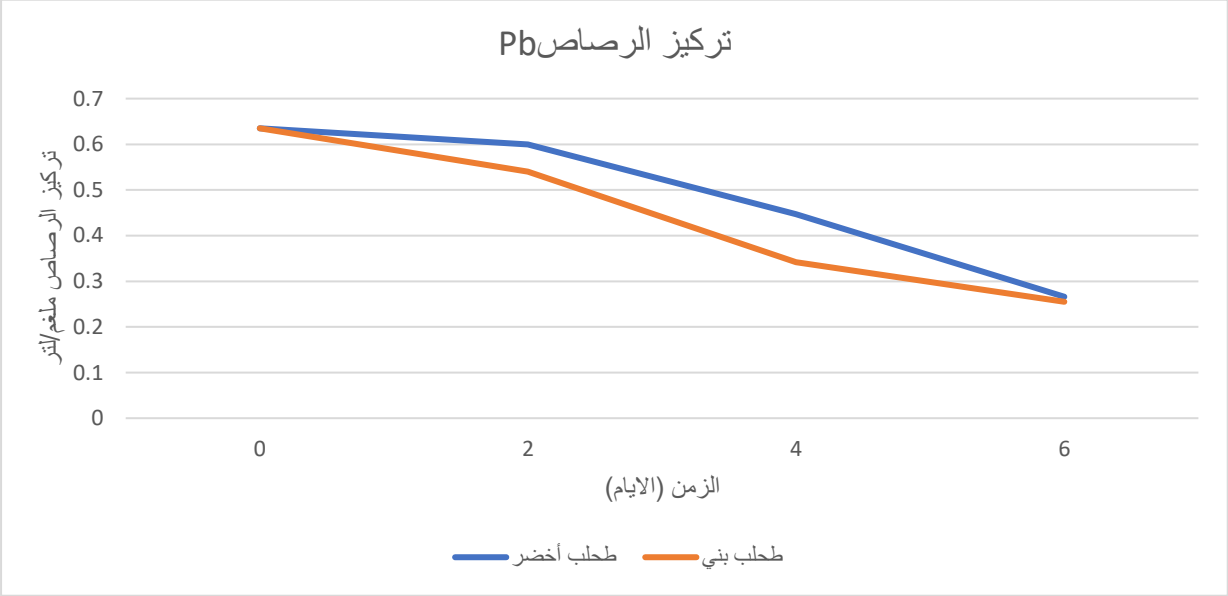
$$\text{نسبة الانخفاض\%} = \frac{0.032 - 0.03}{0.032} \times 100 = 6.25\%$$

نسبة انخفاض الكادميوم بعد يومين في الطحالب البنية ←

$$\text{نسبة الانخفاض\%} = \frac{0.032 - 0.027}{0.032} \times 100 = 15.63\%$$

الزمن(الأيام)	0	2	4	6
تركيز الرصاص في الطحلب الاخضر	0.635	0.60	0.447	0.266
تركيز الرصاص في الطحلب البني	0.635	0.54	0.342	0.255

جدول(5):تركيز الرصاص في عينة الطحالب الخضراء والبنية



الشكل (5):تركيز الرصاص في كلا العينات

نسبة انخفاض الرصاص بعد يومين في الطحالب الخضراء ←

$$\text{نسبة الانخفاض\%} = \frac{0.635 - 0.60}{0.635} \times 100 = 5.51\%$$

نسبة الانخفاض للرصاص بعد يومين في الطحالب البنية ←

$$\text{نسبة الانخفاض\%} = \frac{0.635 - 0.54}{0.635} \times 100 = 14.96\%$$

مناقشة النتائج:

تظهر النتائج في الجدول (2) انخفاض في الرقم الهيدروجيني الأمر الذي يشير إلى زيادة الحامضية ويعد هذا مؤشراً مهماً للتوصل إلى دور المعادن الثقيلة في تناقص الأسماك في المنطقة حيث أن ذوبانية المعادن الثقيلة تتزامن مع ارتفاع حموضة الماء كما أشارت أحد الدراسات أن انخفاض الرقم الهيدروجيني يشير إلى وجود زيادة الملوثات وخاصة المعادن الثقيلة **(11).**وللتأكيد على ذلك فقد ظهرت النتائج في الجدول (3)أن نسبة الكادميوم تزيد 5.40مرة عن الحد المسموح به في معيار جودة المياه البحرية وفق ما ورد في منظمة الصحة العالمية **(5).**بالمقابل يزيد تركيز الرصاص عن الحد المسموح بمعدل 62.50 مرة وتؤكد النتائج إلى أن **التلوث بالمعادن الثقيلة** قد يكون أحد الأسباب الرئيسية وراء تناقص أعداد الأسماك في المنطقة حيث يؤدي تراكم المعادن الثقيلة في أنسجة الأسماك لفترات طويلة إلى نفوق الأسماك وقد تؤثر أيضا على **القدرات التكاثرية للأسماك** لأنها قد تتداخل مع الهرمونات المسؤولة عن التكاثر **.(7).** وحتى استهلاك الأسماك الموجودة هناك قد يؤدي إلى تلوث مستمر في السلسلة الغذائية التي قد تصل إلى تهديد الانسان بأمراض عصبية ومشاكل في الكلى والكبد بسبب قدرة الرصاص والكادميوم على التراكم لفترات طويلة تحت مصطلح التراكم الحيوي بمعنى أدق أنها سهلة الامتصاص وصعبة التخلص منها مما قد يحدث تلف الانسجة العصبية واحداث اضطرابات في الجهاز العصبي **(6).**وتظهر النتائج في الجدول (3) على أن **الطحالب لها دور فعال في امتصاص المعادن الثقيلة** حيث تصل نسبة انخفاض الكادميوم في الطحالب الخضراء بعد يومين من استخدامها 6.25% بينما تزداد نسبة امتصاص الكادميوم في الطحالب البينة فتصل نسبة الانخفاض إلى 15.63% وتؤكد النتائج في الجدول (4) التي يظهر فيها انخفاض واضح لتراكيز الرصاص بعد استخدام الطحالب حيث تصل نسبة الانخفاض بعد يومين من استخدام الطحالب الخضراء الى 5.51% وتزداد نسبة الانخفاض لتركيز الرصاص في الطحالب البنية حيث تصل إلى 14.96%

تظهر النتائج اختلاف نسبة الامتصاص بين الطحالب الخضراء والطحالب البنية وتشير إلى **فعالية الطحالب البنية في الامتصاص بشكل أكبر** حيث يرجع السبب إلى **التركيب الخلوي لهذه الطحالب** حيث تتميز الطحالب البنية بوجود **بحمض الألجينيك** وهو بوليمر مشحون بشحنة سالبة بسبب احتوائه على مجموعة **الكربوكسيل** يساعد في عملية التبادل الأيوني مع كاتيونات المعادن الثقيلة **.(8).**و قدرة الطحالب البنية أكثر من الطحالب الخضراء ترجع إلى **تركيب الجدار الخلوي** حيث تحتوي الطحالب الخضراء فقط على **السليلوز** الذي يحتوي على مجموعة **الهيدروكسيل** مقارنة بالطحالب البنية التي تحتوي **على الألجينات بالإضافة إلى السليلوز** والألجينات تحتوي على مجموعة الكربوكسيل التي لديها قدرة أكبر وكفاءة أكبر على الارتباط بالكاتيونات العناصر الثقيلة **(9).**وتظهر الدراسات أيضا **قدرة الطحالب على تخزين المعادن الثقيلة** بحيث تقلل من تأثيرها عليها فهناك التخزين السطحي على الجدار الخلوي أو في الفجوات العصارية حيث تتفاعل مع بعض المركبات العضوية الأمر الذي يحولها إلى عناصر أقل سمية**.(10)** .

الخلاصة والتوصيات:

يعتبر تأثير المعادن الثقيلة على تناقص الأسماك في منطقة ريسوت من القضايا البيئية الهامة، لذلك كان الهدف من الدراسة التوصل الى العوامل البيئية المؤثرة على تناقص أعداد الأسماك في منطقة ريسوت، مع التركيز على تحليل التلوث الناجم عن المعادن الثقيلة والمواد الكيميائية في التربة الساحلية والمياه البحرية، واتضح من خلال البحث أن تشير هذه الدراسة إلى أن المياه الساحلية في مدينة ريسوت ملوثة بمستويات خطيرة من الكادميوم والرصاص، مما قد يكون عاملًا رئيسيًا في تناقص أعداد الأسماك.

لضمان استدامة الثروة السمكية وصحة السكان، يجب اتخاذ تدابير عاجلة لمعالجة التلوث والحد من مصادره مثل:

- 📌 استخدام تقنيات المعالجة الحيوية لتنظيف المياه الملوثة من المعادن الثقيلة باستخدام الطحالب والبكتيريا المتخصصة.
- 📌 إطلاق برامج توعية للصيادين والمجتمع المحلي حول مخاطر التلوث وأهمية الحفاظ على البيئة البحرية.
- 📌 تطوير مشاريع بيئية لاستعادة التنوع البيولوجي مثل استزراع الأسماك في بيئات آمنة

يمكن تطوير البحث بإدخال بروتوكولات البرنامج باستخدام أجهزه خاصة بمياه البحر لتأكيد دقة النتائج ومقارنة أيضا تراكيز المعادن سنوياً للوقوف على أسباب ارتفاعها وايضاً ممكن توفير بيئة مناسبة للطحالب لأخذ نتائج أكثر واستخدام كائنات دقيقة أخرى ومقارنتها بالطحالب من حيث سرعة الامتصاص وسهولة الحفاظ عليها.

الشكر والتقدير:

الشكر الجزيل لكل من ساهم في إتمام هذا البحث ونخص بالذكر مديرة المدرسة **الأستاذة ليلى الحبشي** وذلك لما قدمته من تسهيلات لإتمام البحث والشكر الجزيل **لجامعة ظفار** وجميع العاملين في قسم الهندسة الكيميائية ونخص بالشكر الفاضلة **أميرة كشوب** والفاضلة **ذكرى رجيبون** والمهندس **لائق أحمد** مدير الورشة لمساعدة الفريق في استخدام جهاز مطياف الامتصاص الذري وتحليل النتائج والاجابة عن تساؤلات الفريق كما نشكر جزيل الشكر الفاضلة **مريم علي مهوي هبيس** مشرفة البرنامج بالمدرسة على إدارة الفريق في المهمة البحثية.

المراجع :

1. **Alloway, B. J. (2013). Heavy Metals in Soils: Trace Metals and Metalloids in Soils and their Bioavailability. Springer**
2. **Graham, L. E., Graham, J. M., & Wilcox, L. W. (2009). Algae. Benjamin Cummings**
3. **Gadd, G. M. (2010). Metals, minerals and microbes: geomicrobiology and bioremediation. Microbiology, 156(3), 609-643**
4. **Welz, B., & Sperling, M. (2008). Atomic Absorption Spectrometry. 3rd ed. Wiley-VCH**
5. **منظمة الصحة العالمية (WHO،2017).**
6. **ATSDR (Agency for Toxic Substances and Disease Registry). (2020). "Toxicological Profile for Lead and Cadmium." U.S. Department of Health & Human Services**
7. **Jezierska, B., & Witeska, M. (2001). The metal uptake and accumulation in fish living in polluted waters. *Soil and Water Pollution Monitoring, Protection and Remediation, 65*(1), 107-114**
8. **الجابري، ك .(2020) .دور حمض الألجينيك المستخلص من الطحالب البنية في تنقية المياه الملوثة بالمعادن الثقيلة .*المجلة العربية لعلوم البيئة، 16*(4)، 85-102.**
9. **الجابري، ك .(2020) .تأثير تركيب الجدار الخلوي على كفاءة امتصاص المعادن في الطحالب البحرية .*مجلة الأبحاث البيئية، 16*(3)، 105-119.**
10. **الجابري، ك .(2020) .دور الفجوات العصارية في تخزين المعادن الثقيلة في الطحالب البحرية .*مجلة البحوث البيئية، 17*(2)، 76-89.**
11. **عبد الله، م. (2020). تأثير الرقم الهيدروجيني على جودة المياه وتوافر المعادن الثقيلة .*مجلة البيئة العربية، 15*(2)، 55-70**
12. **دليل المعلم الخاص ببرنامجGLOBE.**