بحوث المؤتمر العلمي الأول لكلية العلوم

التلوث البيئي وتحديات الاستدامة البيئية

تحت شعار : التصالح مع البيئة

سرت 14 اكتوبر 2025م

تحرير

ا.د. عبدالسلام الصالحين محمد

ا.د. حسين مسعود ابومدينه

د. أشرف مصطفى ابوسنينة

د. فتحية عبدالجواد موسى

منشورات مركز البحوث والاستشارات بجامعة سرت

الطبعة الأولى 2025م

المؤتمر العلمي الأول لكلية العلوم – جامعة سرت

"التلوث البيئي وتحديات الاستدامة البيئية"

EPESC

14 أكتوبر 2025

الجزء الثاني: خاص بالورقات المقدمة باللغة العربية

الوكالة الليبية للرقم الدولي الموحد للكتاب (ISBN)
ISBN 978-9959-891-67-9

لجان المؤتمر

اللجنة العليا

أ.د. سليمان مفتاح الشاطر	رئيس الجامعة
أ.د. الطيب محمد القبي	وكيل الجامعة
د. أشرف مصطفى أبوسنينة	عميد الكلية

اللجنة العلمية

أ.د. عبد السلام الصالحين محمد	كلية العلوم / جامعة سرت	رئيساً
أ.د. احميد محمد يونس	كلية العلوم / جامعة سرت	عضواً
أ.د. رمضان عبدالمولى الهنداوي	كلية العلوم / جامعة عمر المختار	عضواً
أ.د. تهاني يونس عمر	كلية العلوم / جامعة سرت	عضواً
د. فتحية عبد الجواد موسى	كلية العلوم / جامعة سرت	عضواً

اللجنة التحضيرية

أ. زينب رجب الفيتوري	رئيساً
أ. علي محمد عمرناجي	عضواً
أ. علي عبد الرحيم الغزالي	عضواً
د. سعاد أحمد أبومريم	عضواً
عبد الحليم مفتاح الشاطر	عضواً
خالد جمعة امهلهل	عضواً
سفيان سالم الشعالي	عضواً
علي مصطفى مكادة	عضواً

محرري كتيب المؤتمر:

أ.د. عبد السلام الصالحين محمد
ا.د. حسين مسعود ابومدينة
د. أشرف مصطفى أبوسنينة
د. فتحية عبد الجواد موسى

ايميل التواصل: epesc@su.edu.ly

موقع المؤتمر: https://su.edu.ly/research/index.php/conferences/science/sc1

مقدمة عن المؤتمر

يعد البحث العلمي من العوامل الأساسية التي تسهم في تقدم وتطور الحضارة الإنسانية، حيث لعبت البحوث العلمية منذ العصور القديمة دورًا محوريًا في توفير معارف هامة ساعدت الإنسان على فهم الظواهر الطبيعية والغامضة، مما دفعه لاكتشاف نظريات جديدة أو إثبات صحة بعضها أو دحضها. ومن الأهمية بمكان أن يدعم الباحث فرضياته بالأدلة والبراهين التي تتفق مع المبادئ الأساسية لمنهجية البحث العلمي.

وفي الوقت الذي يسهم فيه البحث العلمي في تقديم حلول للتحديات الكبرى التي تواجه البشرية، تأتي البيئة كمجال بالغ الأهمية يجب أن يحظى بالاهتمام. فالإنسان جزء لا يتجزأ من النظام البيئي الذي يحيط به، ويؤثر بشكل واضح على البيئة من خلال الأنشطة التي يمارسها. وقد شهدت البيئة تغيّرات كبيرة نتيجة تأثير الإنسان، وهو ما يفرض على الجميع ضرورة الوعي بعواقب هذه الأنشطة، خاصة السلبية منها التي تؤدي إلى خلل في المنظومة البيئية والنظام البيولوجي للكائنات الحية.

ومع تطور التكنولوجيا والصناعة، زادت قوة وتأثير الإنسان على البيئة، ليصبح التلوث البيئي، بما في ذلك زيادة الانبعاثات الجوية، تلوث المياه، وتلوث الأراضي، من أكبر التحديات التي تهدد كوكبنا. يشكل التلوث خطرًا كبيرًا على التنمية المستدامة، إذ يقوّض قدرة النظم البيئية على توفير الخدمات الأساسية ويؤدي إلى تدهور الموارد الطبيعية. وبالتالي، فإن معالجة التلوث البيئي أمر بالغ الأهمية لتحقيق أهداف التنمية المستدامة، مثل الحد من الفقر، ضمان الأمن الغذائي، وتعزيز النمو الاقتصادي، مع الحفاظ على صحة البيئة على المدى الطويل.

وفي إطار المساهمة في إرساء قواعد البحث العلمي في المؤسسات الأكاديمية الليبية، وتأكيدًا على أهمية البحث في قضايا البيئة، يقام المؤتمر الأول لكلية العلوم بجامعة سرت في 14 أكتوبر 2025. ويهدف المؤتمر إلى تسليط الضوء على المخاطر التي تهدد البيئة، واقتراح الحلول المناسبة للحفاظ على الموارد الطبيعية وضمان استدامتها، مع التشجيع على عرض الأبحاث العلمية المحلية.

أهداف المؤتمر

1. مواكبة التطور العلمي والتقني في مجال البيئة والتعرف على المهددات البيئية وحصر المشكلات التي تعاني منها البيئة المحيطة، وطرح الحلول الممكنة للحفاظ على البيئة وحمايتها.
2. توفير فرص اللقاء العلمي والبحثي وتبادل المعلومات والبيانات العلمية والفنية بين الباحثين والخبراء في التخصصات البيئية ومناقشة المستجدات العلمية في أبحاث العلوم البيئية.

3. تعزيز التعاون الفكري والمعرفي بين الباحثين والمختصين في جامعة سرت والجامعات والمراكز العلمية المحلية والدولية، وإبراز دور جامعة سرت في مجال البيئة.
4. التعرف على مخاطر التلوث البيئي والآثار البيئية الناجمة عن التلوث من المصادر المختلفة على صحة الإنسان والحد منها ومعالجة أسبابها.
5. معرفة الآثار السلبية والعواقب المترتبة على الملوثات الصناعية المختلفة وكيف تؤدي إلى التدهور البيئي، والتعرف على التقنيات الحديثة لمعالجتها.
6. تحسين إدارة الموارد الطبيعية والتخطيط البيئي لتحقيق التوازن بين الاستخدام البشري للموارد وحماية البيئة.
7. تشجيع التعليم والتدريب في المجالات البيئية ونشر الوعي البيئي بين أفراد المجتمع للمساعدة على فهم المشكلات البيئية وحماية البيئة من الأخطار التي تهددها.
8. خلق الوعي لدى صناع القرار بأهمية توفير التمويل والدعم للمشاريع والبرامج التي تهدف إلى حماية البيئة والحد من التلوث وتشجيع الابتكارات البيئية ودعم الأنشطة التي تساعد في الحفاظ على البيئة.

محاور المؤتمر

المحور الاول: التلوث البيئي وطرق المعالجة

المحور الثاني: التغيرات المناخية والكوارث الطبيعية وتأثيرها على البيئة

المحور الثالث: التنوع البيولوجي

المحور الرابع: التربية البيئية

المحور الخامس: الموارد الطبيعية

المحور السادس: الاقتصاد وعلاقته بالبيئة

المحور السابع: القانون والبيئة

المحتويات

مقدمة عن المؤتمر iii

أهداف المؤتمر iii

1. المحتويات v

2. **الدور الإيكولوجي لنبات الخروع *Ricinus communis* L في التكيف مع تلوث التربة بالمعادن الثقيلة في البيئات الساحلية شبه القاحلة: دراسة حالة وادي السهل الغربي، شمال شرق ليبيا** 221

3. **استخدام مخلفات البلاستيك الصناعي في تطوير مستشعر حساس ومرن للكشف عن الزلال (الألبومين) في الدم** 230

4. **مقارنة كهروكيميائية لإنتاج غاز الهيدروجين من مياه البحر مع مصادر مائية اخرى: دراسة حالة من محطة تحلية مياه البحر بمدينة طبرق - ليبيا** 246

5. **الأمن البيئي في ظل تطور الذكاء الاصطناعي واستخدامه في منظومة أسلحة الدمار الشامل: دراسة في ضوء القانون الدولي العام** 259

6. **تقدير نسبة تلوث سمكة البوري ببعض الناصر الثقيلة (Cd, Pb, Cu) في حوض سرت** . 271

7. **تأثير ملوحة المياه المختلفة على أداء النمو ومعدل البقاء وبعض الخصائص الكيميائية في اسماك البلطي كمورد اقتصادي في ليبيا** 277

8. **دراسة الغطاء النباتي لحافة الجنوبية الجبل الاخضر- شرق ليبيا** 288

9. **استخدام بعض المستخلصات النباتية كمبيدات صديقة للبيئة لمكافحة (سوس الدقيق) خنفساء الدقيق المشابهة *Tribolium confusum* (duVal) (*Coleoptera: Tenebrionidae*)** 307

10. **تأثير نبات عدس الماء *Lemna minor* على بعض الخواص الكيميائية في مياه الصرف الصحي في مدينة البيضاء** 326

11. **التلوث الصناعي للمياه كتهديد للأمن المائي: مقاربة قانونية لحماية الموارد المائية** 341

12. صناديق التعويضات كوسيلة من وسائل التعويض الحديث عن الضرر البيئي 366

13. تأثير المياه السوداء على جودة إنتاج محطات التناضح العكسي في مدينة طبرق..... 384

14. تأثير اضافة مصدر كربون ومصدر نيتروجين على التركيب الكيميائي للبروتينات والدهون 398

15. انتاج الغاز الحيوي من المخلفات العضوية نهج مستدام لتعزيز الطاقة النظيفة في مدينة طبرق 406

16. رصد المخاطر البيئية وآثارها على المواقع الأثرية في مدينة لبدة الكبرى شمال غرب ليبيا 422

17. أوجه حماية البيئة وأحكام المسئولية عن التلوث البيئي وفقا لأحكام القانون الليبي 442

18. البيئة والأمن في العلاقات الدولية "دراسة تحليلية مقارنة ليبيا – اليابان" 457

19. تقييم أداء محطة معالجة مياه الصرف الصحي بمدينة رأس لانوف وإمكانية إعادة استخدام المياه المعالجة 478

20. دراسة الخواص الفيزيائية لمياه الشرب بحي المجاهد / هون – الجفرة 498

21. تقييم كفاءة أداء محطات معالجة مياه الصرف الصناعي في رأس لانوف..... 506

22. الكشف المبكر لتلوث الأطفال بالرصاص (دراسة مبدئية تطبيقية بمنطقة سيدي السائح-ليبيا) 517

The First Scientific Conference of the Faculty of Science – Sirte University
Environmental Pollution and Challenges of Environmental Sustainability (EPESC), Oct. 14, 2025

الدور الإيكولوجي لنبات الخروع *Ricinus communis* L في التكيف مع تلوث التربة بالمعادن الثقيلة في البيئات الساحلية شبه القاحلة: دراسة حالة وادي السهل الغربي، شمال شرق ليبيا

أسماء صلاح علي[1]، جابر عبد الهادي منصور [2]، صالح محمد الشهيبي [3]، يعقوب محمد البرعصي[4]

[1] قسم علوم البيئة، كلية الموارد الطبيعية وعلوم البيئة، جامعة طبرق، طبرق، ليبيا
[2] المعهد العالي للعلوم والتقنية، الكفرة، ليبيا
[3]قسم الهندسة البيئية، الأكاديمية الليبية، بنغازي، ليبيا
[4] قسم علم النبات، جامعة بنغازي، بنغازي، ليبيا

Corresponding Author Email: asma.ali@tu.edu.ly

Article History:

Received: 30 March 2025

Revised: 29 May 2025

Published: 15 November 2025

الكلمات المفتاحية: البيئة شبه الجافة؛ الخروع *Ricinus communis L.*؛ تلوث التربة؛ المعادن الثقيلة؛ وادي السهل الغربي.

ملخص البحث: تُعد مشكلة تلوث التربة بالمعادن الثقيلة من التحديات البيئية العالمية البارزة التي تؤثر سلبًا على صحة الإنسان والنظم البيئية، خاصة في المناطق التي تشهد نشاطًا صناعيًا وتعدينًا مكثفًا، تزداد هذه الظاهرة في البيئات القاحلة وشبه القاحلة، مثل منطقة وادي السهل الغربي في شمال شرق ليبيا، التي تتميز بتربة مالحة وشحيحة المياه، بالإضافة إلى التلوث الناتج عن الأنشطة العسكرية في الحرب العالمية الثانية، تهدف هذه الدراسة إلى تحليل تأثير تلوث التربة بالمعادن الثقيلة على انتشار نبات الخروع (*Ricinus communis* L.) في هذه البيئة القاسية، تم جمع عينات التربة من المنطقة في ربيع 2022، وتحليل خصائصها الفيزيائية والكيميائية، بما في ذلك درجة الحموضة، التوصيل الكهربائي، وتراكيز العناصر الثقيلة مثل الرصاص والنحاس والزنك. أظهرت النتائج أن تربة وادي السهل الغربي تتسم بملوحة معتدلة وقلوية واضحة، ما يحد من نمو العديد من النباتات ومع ذلك أبدى نبات الخروع قدرة استثنائية على التكيف مع هذه الظروف، حيث أظهر قدرة عالية على تحمل وتراكم المعادن الثقيلة، مما يعزز انتشاره في المنطقة تشير نتائج الدراسة إلى أن نبات الخروع يمتلك خصائص فسيولوجية وبيوكيميائية تسمح له بتحمل التربة الملوثة بالعناصر الثقيلة، مما يجعله خيارًا واعدًا في برامج استصلاح

الأراضي الملوثة والمعالجة النباتية وبناءً على هذه النتائج، يُوصى باستخدام نبات الخروع في مشاريع المعالجة النباتية وتحسين البيئة النباتية في المناطق شبه القاحلة.	

1. المقدمة

تُشكل مشكلة تلوث التربة بالمعادن الثقيلة أحد التحديات البيئية العالمية الأكثر إلحاحًا لما لها من آثار سلبية طويلة الأمد على صحة الإنسان والنظم البيئية (Ali *et al.*, 2013). وتشتد هذه الظاهرة في المناطق التي تشهد نشاطًا صناعيًا وتعدينًا مكثفًا، ما يؤدي إلى تراكم تركيزات مفرطة من المعادن الثقيلة في أعماق التربة (Hashim *et al.*, 2011). وتمثل البيئات القاحلة وشبه القاحلة، لا سيما في شمال شرق ليبيا نموذجًا صارمًا لهذه الظاهرة، إذ تتسم بظروف مناخية قاسية وتربة مالحة تزيد من تعقيد مشكلة التلوث وتفاقم تأثيراتها على التنوع البيولوجي وإستدامة الأراضي (Mahklouf & Etayeb, 2018؛ Sims, 2012)، في السنوات الأخيرة، برزت تقنية المعالجة النباتية كإحدى الحلول البيئية الواعدة لاستصلاح الأراضي الملوثة بالمعادن الثقيلة (Garbisu *et al.*, 2001).

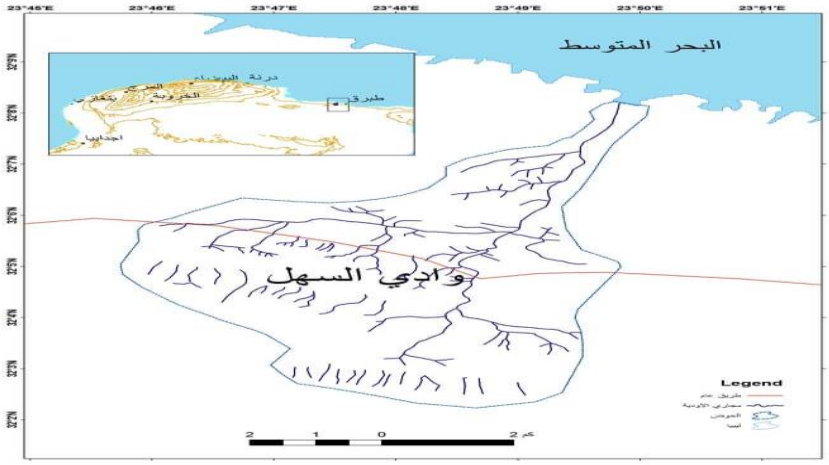
تعتمد هذه التقنية على استغلال قدرة بعض النباتات الفائقة الامتصاص للملوثات، بحيث تساهم في خفض تركيز المعادن الثقيلة في التربة وجعلها صالحة للاستخدام مرة أخرى (Salt *et al.*, 1995). ويُعد نبات الخروع (***Ricinus communis* L.**) من أبرز النباتات المرشحة لهذا الغرض، نظرًا لامتلاكه مجموعة من الخصائص الفسيولوجية والجزيئية التي تمنحه قدرة عالية على تحمل وتراكم مجموعة واسعة من المعادن الثقيلة (Yeboah *et al.*, 2020)، يتميز ***R. communis*** بسرعة نموه وإنتاجيته الكبيرة من الكتلة الحيوية إضافةً إلى نظام جذري منتشر يمتد إلى أعماق واسعة ما يمكنه من استكشاف نطاق كبير من التربة الملوثة (Abreu et al., 2011). كما يمتلك هذا النبات آليات دفاعية داخلية تُمكّنه من نقل المعادن الثقيلة وتخزينها في أجزائه المختلفة دون تعرّضه للتسمم (Yeboah *etal.*, 2020؛ Bauddh & Singh, 2012). وقد أكدت دراسات عديدة قدرة الخروع على نزع المعادن الثقيلة من التربة، بما في ذلك الرصاص (**Pb**)، الكادميوم (**Cd**)، الزنك (**Zn**)، النحاس (**Cu**)، والكروم (**Cr**) (Galal *et al.*, 2021 ؛Zhang *et al.*, 2015).

تتركز فلسفة هذه الورقة البحثية في دراسة تأثير تلوث التربة بالعناصر الثقيلة على انتشار نبات الخروع في الأوساط الساحلية شبه القاحلة، ولتحقيق ذلك، اختيرت منطقة وادي السهل الغربي على الساحل الليبي كموقع للدراسة، حيث تتسم تربتها بارتفاع الملوحة وشح المحتوى المائي، إضافةً إلى إرث التلوث العسكري الناتج عن الاستخدام في الحرب العالمية الثانية الذي خلف بقايا ذخائر ومعسكرات أدت إلى تراكم الملوثات في التربة الساحلية، وقد كشفت التحاليل الجيوكيميائية الميدانية تراكيز مرتفعة نسبياً من عناصر الرصاص (**Pb**)، الزنك (**Zn**)، والنحاس (**Cu**) تحت مظلات نبات الخروع، مما يشير إلى أن تراكم هذه المعادن قد يسهم في تعزيز انتشار هذا النبات الغازي في البيئة الساحلية (Yoon *et al.*, 2006). وتهدف الدراسة الحالية إلى تحليل العلاقة التفاعلية بين العوامل البيئية الساحلية وتراكم المعادن الثقيلة وطرق البحث آليات تحمل وتراكم نبات الخروع، بهدف تقديم رؤى جديدة لاستراتيجيات إدارة واستصلاح الأراضي المتدهورة بيئيًا.

1. مواد وطرق البحث:

-منطقة الدراسة

يقع حوض وادي السهل الغربي في شمال شرق ليبيا، ضمن هضبة البطنان منحدراً من المنحدر الشرقي لجبل الأخضر غرباً إلى هضبة الدفنة شرقاً، ويحده البحر الأبيض المتوسط شمالاً وإقليم أحواض الصرف الداخلي جنوباً. يمتد الوادي بطول 17.67 كلم وعرض 9.12 كلم، مساحته نحو 54.75 كم²، مع اختلاف في الارتفاع يتراوح بين أقل من متر واحد على الضفاف الشمالية وبين نحو 209 أمتار فوق مستوى سطح البحر داخلياً (شكل 1).



(شكل 1) حدود المنطقة

يسود المنطقة مناخ شبه صحراوي جاف حيث لا تتجاوز كمية الأمطار السنوية 176.2 مم، ما ينعكس في تربة قلوية مالحة، فقيرة بالمادة العضوية وبطيئة التجدد الخصوبي، تتدرج ألوانها بين البني والأصفر وتصنف ضمن مجموعة Haplic Calcisols نتيجة لترسبات كربونات الكالسيوم تتحمل في هذه الظروف القاسية مجموعة من النباتات الحولية والشجيرات القزمية مثل المثنان (*Thymelaea hirusta* L.)، الرمث (*Haloxylon scoparium* Pomel)، والشيح (*Artemisia herba-alba* Asoo)، في السنوات الأخيرة انتشر نبات الخروع الغازي (*Ricinus communis* L.) بشكل متزايد على طول ضفاف الوادي، مستفيداً من نظامه الجذري العميق وقدرته الفائقة على امتصاص وتراكم الأملاح والعناصر الثقيلة وقد رُبط هذا التوسع بالعوامل البشرية المتمثلة في بقايا النشاط العسكري خلال الحرب العالمية الثانية، والرعي الجائر، والزراعة البعلية والمروية، فضلاً عن التحطيب وشق الطرق والمحاجر.

تهدف هذه الدراسة إلى تقييم تلوث التربة بالعناصر الثقيلة في مواقع يكثر فيها انتشار الخروع داخل وادي السهل الغربي انطلاقاً من خواص هذا النبات كمؤشر حيوي لاستقصاء المعادن الثقيلة على مدى الزمان وإمكانية استخدامه في استصلاح الأراضي المتدهورة بيئياً (Galal *et al.*, 2021)، كما تستعرض الدراسة الجهود الإيجابية المبذولة في المنطقة، ومنها إنشاء سدود التعويق لحفظ مياه الأمطار والتربة، وحفر الآبار وصهاريج التخزين وزراعة الصنوبر لمقاومة التصحر، إلى جانب دعم تربية النحل لتعزيز عملية التلقيح وانتشار البذور، مما يسهم في فتح آفاق جديدة لإعادة تأهيل المنظومات البيئية المتدهورة.

-طرق العمل:

تمّ جمع عينات التربة في ربيع 2022 من ضفاف وادي السهل الغربي، تحت مظلّة نبات الخروع (*Ricinus communis* L.)، حيث أخذت من عمق 0–30 سم في ثمانية مواقع فرعية موزعة على طول نمو نبات الخروع باستخدام مجرفة معقمة، ثم دمجت هذه العينات الثمانية على شكل عينتين مركبتين؛ كل منهما يضم بيانات أربع عينات فردية بهدف تحسين تمثيل التباين المكاني، نقلت العينات المركبة في أكياس بلاستيكية مانعة للرطوبة إلى المختبر، وجففت في درجة حرارة الغرفة (25 ± 2 °C) لمدة 72 ساعة، ثم نُخّلت بمنخل قطره 2 مم لإزالة الحصى والقطع العضوية الكبيرة، بالإضافة إلى ذلك تم تحليل قوام التربة (Soil Texture) لتحديد النسب المئوية لكل من الطين (Clay) والرمل (Sand) والسلت (Silt) باستخدام طريقة بيكر المتدرّجة (Hydrometer method)، بهدف تصنيف نوعية التربة وفهم خصائصها الفيزيائية، أُجريت التحاليل الفيز وكيميائية بقياس درجة الحموضة pH محلياً في مزيج تربة/ماء بنسب 1:2.5 (وزن/حجم)، بعد معايرة المقياس الرقمي بمحاليل pH 4.01 وpH 7.00، كما تمّ قياس التوصيل الكهربائي EC في نفس الخليط وتحويل قيمته إلى نسبة ملوحة تقريبية وفق معادلة قياسية، أما تحليل العناصر الثقيلة فشمل هضم العينات حمضياً باتباع طريقة معدّلة عن EPA 3050B باستخدام مزيج من حامض النيتريك (HNO_3) وحامض الهيدروكلوريك (HCl) وفوق أكسيد الهيدروجين (H_2O_2)، ثم تحديد تراكيز المعادن (Fe وHg وCu وCd وPb وNi) باستخدام جهاز مناسب لتحليل المعادن لضمان دقة وموثوقية النتائج.

3. النتائج والمناقشة:

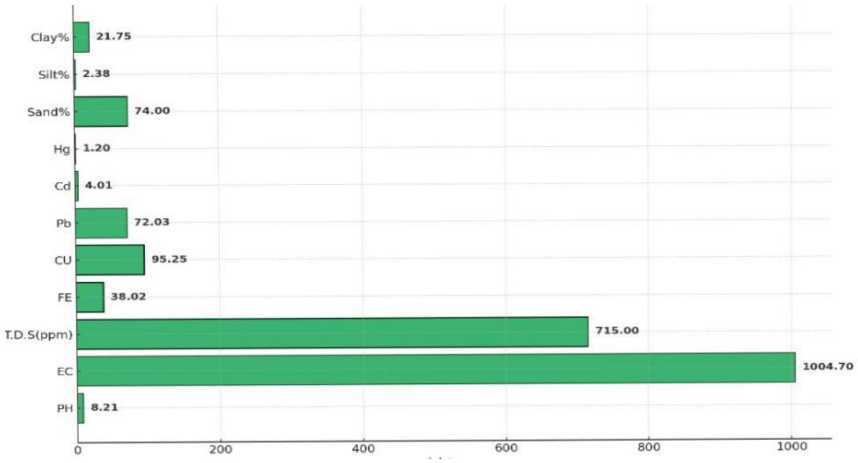
أظهرت نتائج الدراسة (جدول 1)، أن تربة وادي السهل الغربي تتسم بقلوية ملحوظة (PH = 8.21)مع ملوحة معتدلة (EC = 1004.7 µS/cm، TDS = 715 ppm) ، وهي ظروف عادةً ما تحد من نمو العديد من النباتات، غير أن نبات الخروع (*Ricinus communis* L.)أبدى قدرة استثنائية على التكيف والانتشار في هذه البيئة مستفيدًا من خصائصه الفسيولوجية والبيوكيماوية قلوية التربة تساهم عادةً في تثبيط ذوبان بعض العناصر الثقيلة مما يقلل من سميتها الحيوية للنباتات، وهو ما يفسر جزئيًا قدرة الخروع على مواصلة النمو رغم وجود تراكيز مرتفعة نسبيًا لبعض العناصر السامة، أظهرت نتائج التحليل الفيزيائي أن تربة وادي السهل الغربي تتكون في معظمها من الرمل بنسبة 74.33%، يليها الطين بنسبة 21.75%، ثم السلت بنسبة 2.38%، مما يصنف التربة ضمن القوام الرملي الطيني. هذا النوع من التربة يمتاز بتهويته الجيدة وتصريفه العالي للمياه، وهي خصائص قد لا تكون مناسبة لجميع النباتات نظرًا لانخفاض قدرتها على الاحتفاظ بالماء والعناصر الغذائية، إلا أن نبات الخروع أثبت تكيفًا ملحوظًا مع هذه الظروف. إذ يشير ((Yadav *et al.,* 2011) إلى أن الخروع قادر على النمو في تربة فقيرة نسبيًا بالمغذيات بسبب امتلاكه لجذور قوية وعميقة تُمكّنه من امتصاص الماء والعناصر من الطبقات السفلى للتربة، كما أن القوام الرملي الطيني يسهم في تقليل تراكم المياه الزائدة حول الجذور مما يحد من تعرض النبات للإجهاد المائي أو نقص الأوكسجين في منطقة الجذور، وهي ظروف قد تكون ضارة بالنباتات الحساسة ولكنها مناسبة نسبيًا للخروع بالإضافة إلى ذلك يساهم وجود نسبة معتبرة من الطين في تحسين قدرة التربة على تثبيت بعض العناصر الغذائية والمعادن الثقيلة، مما يدعم آليات التحمل والتكيف التي يمتلكها الخروع في مواجهة ملوحة التربة ووجود العناصر السامة، أظهرت التحاليل أن الحديد متوفر بتركيز مناسب (38.02 ppm) ما يعزز التمثيل الضوئي وتكوين الكلوروفيل في حين أن تركيز النحاس (95.25 ppm) يعتبر مرتفعًا وقد يشكل خطورة على معظم النباتات، إلا أن الخروع يمتلك آليات فسيولوجية مثل عزل المعادن الثقيلة داخل الفجوات العصارية أو ترسيبها في جدران الخلايا، مما يحد من سميتها، كما أشار إلى ذلك (Fargasová, 1998).

بالنسبة للرصاص (7.25 ppm)، والكادميوم (4.012 ppm)، والزئبق (1.20 ppm) فهذه العناصر معروفة بتأثيراتها السمية حتى عند التراكيز المنخفضة، إلا أن دراسات مثل (Alkorta *et al.*, 2004) أكدت أن نبات الخروع ينتمي إلى مجموعة النباتات المحبة للمعادن (metallophytes)، والتي تتسم بقدرتها على تحمل وتراكم المعادن الثقيلة مع الحد الأدنى من التأثيرات السلبية على نموها من جهة أخرى، أظهر (Liu *et al.*, 2018) أن الخروع يزيد من إنتاج الإنزيمات المضادة للأكسدة (مثل الكاتالاز Catalase والبيروكسيداز Peroxidase) عند التعرض للإجهاد المعدني مما يساعد على تقليل الأضرار التأكسدية الناتجة عن تراكم المعادن السامة، أوضحت دراسات ميدانية أخرى كا دراسة (Zhu *et al.*, 2020) أن الخروع يتمتع بكفاءة عالية في استخراج أو تثبيت المعادن الثقيلة من التربة مما يجعله نباتًا مثاليًا لمشاريع المعالجة النباتية (Phytoremediation)، خاصةً في المناطق شبه القاحلة والمناطق ذات التربة القلوية والملحية وهو نفس النمط البيئي الذي يميز وادي السهل الغربي، علاوة على ذلك تُظهر دراسات (Kumar *et al.*, 2021) أن الخروع لا يكتفي فقط بتحمل الظروف القاسية بل يستطيع أيضًا تحسين خواص التربة على المدى البعيد عبر زيادة محتوى المادة العضوية وتحفيز الأنشطة الميكروبية.

بناءً على هذه النتائج يمكن استنتاج أن نبات الخروع يمتلك قدرات تكيفية متميزة مكنته من الاستفادة من ظروف تربة وادي السهل الغربي، متحديًا ملوحتها وقلويتها وتلوثها بالعناصر الثقيلة، مما مهد لانتشاره الواسع في المنطقة كما تبرز أهمية الخروع كخيار مناسب لاستصلاح الأراضي المتدهورة وتحسين البيئة النباتية المحلية، مما يفتح المجال لاستخدامه في برامج إدارة الأراضي المتضررة بيئيًا.

جدول 1: التحليل الفيزيائي والكيميائي لعينات التربة تحت نبات الخروع

العنصر	الرمز الكيميائي	القيمة
الأس الهيدروجيني	PH	8.21
التوصيل الكهربائي	Ec	1004.7
الملوحة الكلية	T.D.S (ppm)	715
الرمل	Sand%	74
السلت	Silt%	2.38
الطين	Caly%	21.75
الحديد	FE	38.02
النحاس	CU	95.25
الرصاص	Pb	72.031
الكادميوم	Cd	4.012
الزئبق	Hg	1.20



(شكل 2) تحليل مستويات العناصر الكيميائية والخصائص الفيزيائية في تربة نبات الخروع

شكل (3) نمو و انتشار نبات الخروع في المنطقة

4.الخاتمة:

أثبتت هذه الدراسة أن نبات الخروع (*Ricinus communis* L) يمتلك خصائص فريدة تُمكّنه من النمو والانتشار في ظروف بيئية صعبة كالموجودة في وادي السهل الغربي، والتي تتسم بملوحة معتدلة وقلوية واضحة وتراكيز متفاوتة من العناصر الثقيلة لقد أظهرت النتائج أن الخروع لا يتأقلم فقط مع هذه الظروف، بل يساهم أيضًا في تحسين البيئة المحيطة به عبر

آليات فيزيولوجية وبيوكيميائية متقدمة، مما يؤهله ليكون من أهم النباتات الواعدة في مجالات استصلاح الأراضي والمعالجة النباتية، وانطلاقًا من هذه النتائج فإن استثمار إمكانات الخروع في إدارة النظم البيئية المتدهورة يمثل خطوة استراتيجية نحو تحقيق توازن بيئي وتنمية مستدامة في البيئات الهشة خصوصًا في المناطق شبه القاحلة مثل منطقة الدراسة.

5. التوصيات:

1. استخدام نبات الخروع في استصلاح الأراضي المتدهورة والتربة الملوثة بالعناصر الثقيلة من خلال تقنيات المعالجة النباتية.
2. (Phytoremediation) لاستخراج العناصر السامة من التربة.
3. إجراء دراسات ميدانية لتقييم تأثير زراعته على خصائص التربة، وتعزيز التعاون البحثي لتطوير تقنيات زراعته.
4. استكشاف التنوع الوراثي للخروع في ليبيا لاختيار السلالات الأكثر كفاءة وملاءمة للظروف المحلية.
5. رفع الوعي المجتمعي حول فوائده البيئية ومخاطر انتشاره غير المنضبط، من خلال برامج توعوية وتدريبية.
6. التحكم في انتشاره الغازي عبر تقنيات الإزالة المبكرة، والحراثة العميقة، وزراعة أنواع محلية منافسة، وتفادي استخدام مدخلات زراعية ملوثة ببذوره.

6. شكروتقدير:

نتوجه بالشكر والتقدير لأهالي ومزارعي منطقة وادي السهل على تعاونهم المثمر ودعمهم القيم لنا، من خلال تقديم المعلومات والبيانات الضرورية التي ساعدت في إتمام هذه الدراسة.

المصادروالمراجع:

Abreu, M. M., Santos, E. S., Magalhães, M. C. F., & Rodrigues, A. C. (2011). Phytoremediation of soils contaminated with heavy metals: Techniques and strategies. In M. C. Hernandez-Soriano (Ed.), *Environmental risk assessment of soil contamination* (pp. 133–156). IntechOpen.

Ali, H., Khan, E., & Sajad, M. A. (2013). Phytoremediation of heavy metals—Concepts and applications. *Chemosphere, 91*(7), 869–881. https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2013.01.075

Alkorta, I., Hernández-Allica, J., Becerril, J. M., Amezaga, I., Albizu, I., & Garbisu, C. (2004). Recent findings on the phytoremediation of soils contaminated with environmentally toxic heavy metals and metalloids such as zinc, cadmium, lead, and arsenic. *Reviews in Environmental Science and Biotechnology, 3*(1), 71–90. https://doi.org/10.1023/B:RESB.0000040059.70886.69

Bauddh, K., & Singh, R. P. (2012). Assessment of castor bean (*Ricinus communis* L.) for phytoremediation of fly ash. *Ecological Engineering, 40*, 74–79. https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2011.12.004

Fargasová, A. (1998). Root growth inhibition, photosynthetic pigments production, and metal accumulation in *Sinapis alba* L. seedlings exposed to copper and cadmium. *Biologia Plantarum, 41*(4), 469–472. https://doi.org/10.1023/A:1001800721890

Galal, T. M., Al-Yasi, H. M., Hassan, L. M., & El-Amier, Y. A. (2021). Bioaccumulation and phytoremediation potential of *Ricinus communis* L. grown in contaminated soils. *Environmental Science and Pollution Research, 28*(30), 40955–40968. https://doi.org/10.1007/s11356-021-13663-4

Garbisu, C., Alkorta, I., Epelde, L., & Amezaga, I. (2001). Phytoremediation: A technology using green plants to remove contaminants from polluted sites. *Bioresource Technology, 77*(3), 229–236. https://doi.org/10.1016/S0960-8524(00)00113-5

Gee, G. W., & Bauder, J. W. (1986). Particle-size analysis. In A. Klute (Ed.), *Methods of soil analysis: Part 1. Physical and mineralogical methods* (2nd ed., pp. 383–411). American Society of Agronomy.

Hashim, N. O., Zaini, M. A. A., & Ali, E. (2011). Heavy metals in soils and plants in industrial areas of Selangor, Malaysia. *Environmental Monitoring and Assessment, 182*(1–4), 329–343. https://doi.org/10.1007/s10661-011-1881-1

Kumar, S., Nehra, A., & Duhan, J. S. (2021). Phytoremediation potential and biochemical responses of *Ricinus communis* L. under heavy metal stress: A review. *Environmental Nanotechnology, Monitoring & Management, 16*, 100551. https://doi.org/10.1016/j.enmm.2021.100551

Liu, W., Zhou, Q., Zhang, Y., & Wei, S. (2018). The antioxidant response of *Ricinus communis* L. seedlings to cadmium stress. *Ecotoxicology and Environmental Safety, 150*, 121–128. https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2017.12.004

Mahklouf, M., & Etayeb, M. (2018). Environmental impact of salt-affected soils on plant diversity in arid regions of Libya. *Journal of Arid Environments, 155*, 1–7. https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2018.04.003

Rhoades, J. D. (1996). Salinity: Electrical conductivity and total dissolved solids. In D. L. Sparks (Ed.), *Methods of soil analysis: Part 3. Chemical methods* (pp. 417–435). Soil Science Society of America.

Salt, D. E., Blaylock, M., Kumar, N. P. B. A., Dushenkov, V., Ensley, B. D., Chet, I., & Raskin, I. (1995). Phytoremediation: A novel strategy for the removal of toxic metals from the environment using plants. *Nature Biotechnology, 13*(5), 468–474. https://doi.org/10.1038/nbt0595-468

Sims, R. C. (2012). *Environmental remediation: Removing organic and metal contaminants*. CRC Press.

United States Environmental Protection Agency. (1996). *Method 3050B: Acid digestion of sediments, sludges, and soils* (Revision 2). https://www.epa.gov/esam/epa-method-3050b-acid-digestion-sediments-sludges-and-soils

Yadav, S. K., Juwarkar, A. A., Kumar, P., Thawale, P. R., Singh, S. K., & Chakrabarti, T. (2011). Bioaccumulation and phytotransformation of toxic elements in *Ricinus communis* L. grown on industrial waste amended soil: Implications for phytoremediation. *Bioresource Technology, 102*(3), 3500–3506. https://doi.org/10.1016/j.biortech.2010.10.104

Yeboah, S., Zhang, Q., Cai, L., & Du, Y. (2020). Uptake and accumulation of heavy metals by *Ricinus communis* L. in a multi-metal-contaminated soil. *International Journal of Phytoremediation, 22*(2), 141–149. https://doi.org/10.1080/15226514.2019.1658703

Yoon, J., Cao, X., Zhou, Q., & Ma, L. Q. (2006). Accumulation of Pb, Cu, and Zn in native plants growing on a contaminated Florida site. *Science of the Total Environment, 368*(2–3), 456–464. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2006.01.016

Zhang, X., Zhong, T., Liu, L., & Ouyang, X. (2015). Impact of heavy metal pollution on soil microbial diversity and functionality. *Environmental Science and Pollution Research, 22*(12), 8890–8900. https://doi.org/10.1007/s11356-014-4032-7

Zhu, Y., Zeng, H., Shen, Q., & Wang, C. (2020). Uptake and accumulation characteristics of heavy metals in *Ricinus communis* grown in multi-metal contaminated soils. *International Journal of Phytoremediation, 22*(5), 494–501. https://doi.org/10.1080/15226514.2019.1684799

Ecological Role of (*Ricinus communis* L.) in Adaptation to Soil Contamination with Heavy Metals in Semi-Arid Coastal Environments: A Case Study of Wadi Al-Sahl Al-Gharbi, Northeastern Libya

Asmaa Salah Ali[1], Jaber Abdelhadi Mansour[2], Saleh Mohamed Al-ShehibiJ[3], Yacoub Mohamed Al-Barasi[4]

[1]Department of Environmental Sciences, Faculty of Natural Resources and Environmental Sciences, University of Tobruk, Libya

[2] Higher Institute of Science and Technology, Al-Kufra, Libya

[3]Department of Environmental Engineering, Libyan Academy, Benghazi, Libya

[4]Department of Botany, University of Benghazi, Libya

Abstract

Soil contamination with heavy metals represents a significant global environmental challenge, adversely impacting human health and ecosystem stability—particularly in areas subjected to intensive industrial, mining, and historical military activities. This issue is increasingly prevalent in arid and semi-arid ecosystems, such as the Wadi Al-Sahl Al-Gharbi region in northeastern Libya, characterized by saline soils, limited water availability, and residual pollution from World War II. This study investigates the ecological response and adaptive capacity of *Ricinus communis* L. to heavy metal-contaminated soils within this extreme environment. Soil samples were collected during the spring of 2022 and analyzed for key physicochemical parameters, including pH, electrical conductivity (EC), and concentrations of lead (Pb), copper (Cu), and zinc (Zn). Results revealed that the soils exhibit moderate salinity and strong alkalinity, conditions typically unfavorable for the growth of most plant species. Despite these constraints, *Ricinus communis* L. demonstrated a remarkable tolerance and bioaccumulation capacity for heavy metals, facilitating its successful establishment in the region. The findings suggest that R. communis possesses distinct physiological and biochemical mechanisms that enable survival in contaminated substrates, positioning it as a viable candidate for

phytoremediation and ecological restoration initiatives in semi-arid environments. Accordingly, this species is recommended for integration into soil remediation strategies aimed at restoring vegetation and improving soil health in degraded coastal ecosystems.

Keywords: Soil contamination; Heavy metals; *Ricinus communis* L.; Semi-arid environment; Wadi Al-Sahl Al-Gharbi

The First Scientific Conference of the Faculty of Science – Sirte University Environmental Pollution and Challenges of Environmental Sustainability (EPESC), Oct. 14, 2025

استخدام مخلفات البلاستيك الصناعي في تطوير مستشعر حساس ومرن للكشف عن الزلال (الألبومين) في الدم

إبراهيم أحمد ضو السائح[1]، عبد السلام الصالحين محمد[1*]، عادل محمد مليطان[2]

[1]قسم الكيمياء، كلية العلوم، جامعة سرت، ليبيا

[2]قسم الكيمياء، كلية العلوم، جامعة مصراته، ليبيا

Corresponding Author Email: salam_salhin@su.edu.ly

Article History:

Received: 21 March 2025

Revised: 26 May 2025

Published: 15 November 2025

ملخص البحث: تم تطوير مستشعر بصري فعال قليل التكلفة لتحديد مستويات الألبومين في عينات الدم. يستخدم هذا المستشعر كاشف بروموكريسول الأخضر (BCG) الذي تم تثبيته على غشاء ثلاثي من خلات السليلوز (TAC)، اعتمدت القياسات التحليلية في هذه الدراسة على تكوين معقد بين الألبومين وكاشف BCG المثبت على الغشاء، تم التحقق من ارتباط الكاشف على غشاء TAC بدقة باستخدام التحليل الطيفي للأشعة المرئية-فوق البنفسجية والاشعة تحت الحمراء، بالإضافة إلى ذلك تم تحديد العوامل المختلفة التي تساهم في تعزيز حساسية المستشعر، وتشمل هذه العوامل درجة الحموضة، وزمن الاتصال، وتركيز الكاشف. أظهرت النتائج تغيرا ملحوظا في لون المستشعر عند غمره في محلول الالبومين، حيث يتغير لونه من الأزرق (655 نانومتر) الى الأصفر (392 نانومتر). تم تحديد حساسية المستشعر وكانت ضمن نطاق تركيز يتراوح بين 0.29 -5.7 ميكروغرام/مل من الألبومين، وكذلك تحديد حدي الكشف والقياس الكمي لتكون على التوالي 1.22 ميكروغرام/مل و3.70 ميكروغرام/مل، عند طول الموجي 392 نانومتر، ووقت استجابة يتراوح من 1 إلى 15 دقيقة، وانحراف معياري نسبي لتسعة عشر قياسات متكررة للألبومين مساويا 10.9%، وحساب حساسية/مؤشر ساندیل كان مساويا 0.0123 ملجم/مل. تم اختبار قدرة المستشعر

الكلمات المفتاحية: الألبومين؛BCG ؛ خلات السليلوز؛ المستشعرات؛ مصل الدم.

البصري في الكشف عن الألبومين في عينات حقيقة من الدم الحقيقية وكانت النتائج جيدة ومرضية للغاية ومتوافقة مع النتائج المتحصل من مختبرات اخرى.

1. المقدمة

البروتينات هي جزيئات كبيرة موجودة في الكائنات الحية، وتعتبر المكون الأساس في خلايا جسم الانسان، تتكون الهياكل البنائية للبروتينات ;كما أشار اليه (Branden, & Tooze, 2012) من سلاسل طويلة من الاحماض الأمينية، يتم ترتيبها بأشكال مختلفة لتشكيل البروتينات. تتميز البروتينات بشكلها ثلاثي الابعاد الذي له دور مهم في تأدية بعض الوظائف، وتؤدي البروتينات وظائف مهمة للغاية في جسم الإنسان مثل النقل والتحكم والأيض والتحفيز والتحول الكيميائي والهيكلية وغيرها من الوظائف الأخرى. تتأثر البروتينات بالظروف المحيطة مثل درجة الحرارة والرقم الهيدروجيني وتركيز الاملاح، وهذا يؤثر على وظائفها. ويعتبر الالبومين او الزلال من اهم البروتينات الموجودة في الدم، حيث يقوم البومين المصل البشري (Human Serum Albumin, HSA) بمجموعة واسعة من الوظائف في الجسم، بما في ذلك نقل الأيونات المعدنية والأحماض الدهنية والهرمونات حسب ما اشارت اليه كل من ((Branden, C. I.,et al., 2012 و(Kumar, D., etal., 2017) و(Nicholson, et al., 2000).

تتمثل الوظيفة الأساسية للألبومين في الحفاظ على حجم الدم وضغطه، وهذا يساعد على منع الدم من التسرب من الأوعية الدموية، والحفاظ على توازن درجة الحموضة في الدم، ويعد الرقم الهيدروجيني للدم أمراً بالغ الأهمية للعديد من العمليات الجسدية، فإذا أصبح الدم حمضيًا جدًا أو قلويًا فقد يتسبب في مجموعة متنوعة من المشكلات الصحية. ويشارك الألبومين أيضًا في جهاز المناعة فهو المسؤول عن نقل الأجسام المضادة والخلايا المناعية الأخرى عبر مجرى الدم لمحاربة العدوى، بالإضافة إلى ذلك يمكن أن يعمل الألبومين كمضاد للأكسدة، مما يساعد على حماية الخلايا من الأكسدة التي تسببها الجذور الحرة. يتم تصنيع الالبومين فقط في الكبد بمعدل يصل من 12-25 جرامًا يوميًا، ويبلغ تركيزه

في الدم تقريباً 35-50 جم / لتر، وفي البول أقل من 30 ملجم / لتر، وتبلغ فترة نصف العمر الالبومين في المصل 20 يوم تقريباً حسب ما اشارت اليه الدراسات التالية (Kumar, D., & Banerjee, D. 2017) و(Dos S., R., et al., 2019).

لقد تم استخدام العديد من الطرق في الكشف عن الالبومين وتقدير نسبته في الدم، تنقسم هذه الطرق الى أربع طرق رئيسية، منها طريقة تجزئة الملح (Salt fractionation method) التي اتبعها كل من (Hill, P. G.1985) و(Saifer, A., et al., 1955)، وطريقة الارتباط بالأصباغ (Dye-binding method) التي أشار اليها كل من (Hill, P. G.1985) و(Rodkey, F. L. 1965)، وتعد حاليا من أكثر الطرق المستخدمة على نطاق واسع لقياس الالبومين بسبب إمكانية تطبيقها باستخدام مختلف الطرق التحليلية المعروفة، وطريقة الترحيل الكهربي (Electrophoresis method)، والطريقة المناعية (Immunochemical method) التي أشار اليها كل من (Xu, J. F., et al., 2022)و (Hill, P. G.1985)، والطريقة الحديثة المتبعة في المختبرات (Albumin Test Kit) التي تستخدم للكشف عن الالبومين كما أشار اليها كل من (Labcare,) و(Truechemie) و(ATLAS MEDICAL,).

وتعتبر الطريقة الحديثة من أحد أهم الطرق اللونية المستخدمة لتقدير الالبومين، حيث تعتمد كليا على ارتباط الصبغة مع الالبومين وتكوين معقد ينتج عنه التغير في اللون، وهي من أكثر الطرق المتبعة للكشف عن الالبومين في المختبرات الطبية حيث تتم المقارنة بين العينة المراد الكشف عنها والعينة القياسية، ونظرا للتطور التكنولوجي أصبحت الطرق الالية التي تعتمد على الاجهزة في المقارنة بين العينة ومحلول القياسي المرجعي هي الأكثر تطبيقا في المختبرات في الوقت الحاضر، وعلى مدى العقود الماضية نالت طريقة الارتباط بالأصباغ اهتماما كبيرا، حيث تم تقدير الالبومين باستخدام العديد من الاصباغ مثل صبغة البروموكريسول الأخضر (BCG) التي أشار اليها كل من (Doumas, B. T., et al., 1997) و (Doumas, B. T., et al., 1971)، وصبغة الميثيل البرتقالي (MO) التي أشار اليها كل من (Ito, S., et al., 2015) و (Crowley, L. V. 1964)، وصبغة (HABA) التي أشار اليها (Miyada, D. S., et al., 1972)، وصبغة (BCP) وصبغة (TBPB) التي أشار اليه كل من (Pinnell, A. E., et al.,1978) و(Ito, S., & Yamamoto, D.2010) و(Pugia, M. J., et al., 1999). ومن الملاحظ أن صبغة BCG قد نالت الكثير من الاهتمام في الكشف عن الالبومين في هذا المجال حسب ما اشارت البه الدارسات التالية (Samir, K. et al., 2011) و (Onu, C. E., et al., 2022) و (Onu, C. E., et al., 2023)، وهي صبغة أيونية من عائلة ثلاثي فينيل ميثان تستخدم عادة لمراقبة تغيرات الاس الهيدروجيني في التفاعلات البيولوجية والكيميائية، كالكشف عن الالبومين.

تم في العقود الماضية استخدام العديد من أجهزة الاستشعار كأجهزة المراقبة والقياسات، تشتمل هذه المستشعرات على مقاييس الألوان، والأجهزة الكيميائية، ومقاييس الكثافة، وأجهزة الاستشعار الحيوية كالملاحة، وأجهزة استشعار الإنذار، والعديد من الأنواع الأخرى من أجهزة الاستشعار التي تستخدم مبادئ استشعار مختلفة حسب ما أشار اليه كل من (Giancarla, A. et al., 2020) و (Samir, K, et al., 2020)، أو قد تكون مصممة للعمل ضمن نطاقات مختلفة. من بين هذه المستشعرات تطورت المستشعرات الضوئية بشكل سريع في مجال الكيمياء التحليلية والسريرية، لأنها توفر مزايا الإعداد البسيط والانتقائية والحساسية المعقولة، فهي لا تتطلب استخدام أجهزة مرجعية منفصلة أو وقت تهيئة مسبق كما هو الحال بالنسبة للأقطاب الكهربائية الانتقائية الأيونية، ولكنها تحتاج فقط إلى أدوات بسيطة مثل مقياس الطيف الضوئي للأشعة فوق البنفسجية وهذه بعض الكتب (Kretschmar & Welsby 2005) و(Fraden, 2015) و(Hariharan, 2003) و(López-Higuera,1998) التي تناولت المستشعرات الضوئية وذكرت اهم استخداماتها.

المستشعر البصري حسب ما أشار اليه كل من (Hariharan, 2003) و(Grattan et al., 1999) هو نظام استشعار او جهاز استشعار يتكون من محول الإشارة و قناة اتصال ونظام اكتشاف او معالجة الإشارة، ويتم معاملة إشارة الادخال وتعديل في بعض خصائص الضوء (الانتقال، والانعكاس، والتشتت، والامتصاص، وغيرها) داخل النظام البصري، ويتم بعدها الكشف والمعالجة، ومن اهم مميزات المستشعر البصري هي قدرته على قياس التغيرات التي تحدث للشعاع الضوئي نتيجة تعرضه للمادة، وتتمتع أجهزة الاستشعار البصرية بمجموعة متنوعة من الاستخدامات التي ذكرها كل من (Grattan et al., 1999) و(Haus, 2010)، مثل مراقبة الجودة والعمليات، وإجراءات التشخيص الطبي، والقياس، والتصوير، وما إلى ذلك. تهدف هذه الدراسة الى استخدام مخلفات أفلام التصوير الفوتوغرافي في استحداث طريقة قياس سهلة ومباشرة للكشف عن الالبومين في مصل الدم ومقارنتها بالطرق المتبعة في المختبرات.

المواد وطرق العمل

الأجهزة المستخدمة:

تم في هذه الدراسة استخدام جهاز مقياس الاشعة المرئية والفوق البنفسجية (Analytic Jena Aspect UV 210 PLUS)، وجهاز مقياس الاشعة تحت الحمراء (PerkinElmer Spectrum Version 10.4.2)، وجهاز تحليل الالبومين (Mindray BS-24Pro)، وجهاز طرد مركزي (MD C12).

المواد الكيميائية المستعملة.

المواد الكيميائية التي تم استخدامها في هذه الدراسة كانت بدرجة عالية من النقاوة وتم استخدامها دون اجراء اية عمليات عليها. تم تحضير المحاليل الكيميائية القياسية كل محلول حسب تركيزه المستخدم في التجربة، وحسب الطرق المعملية المتبعة في المعامل الكيميائية.

المحلول القياسي (1×10^{-4} M) للكاشف بروموكريسول الأخضر (BCG)

تم تحضير المحلول القياسي للكاشف (BCG) تركيزه (1×10^{-4} M) وذلك بإذابة 0.0105 جم من الكاشف في 150 مل من إيثلين ثنائي الأمين، ومن هذا المحلول القياسي يتم تحضير محاليل القياسية المخففة.

المحلول القياسي للألبومين.

تم استخدام محلول الالبومين البشري (Human Albumin) (25%) المتوفر في الصيدليات التجارية بمدينة سرت (Octapharma, USA)، تم اعتبار هذا التركيز هو المحلول القياسي، ومنه يتم تحضير تراكيز قياسية مختلفة من الالبومين.

تحضير المستشعر

تم تحضير المستشعر عن طريق تحميل كاشف الـ BCG على غشاء (TCA) المأخوذ من نفايات شرائط أفلام التصوير الفوتوغرافي [FUJICOLOR] وذلك باتباع الخطوات التالية: -

- **تحضير الغشاء (إزالة الطبقة الجيلاتينية)**

يغسل شريط التصوير بمحلول هيبوكلوريت الصوديوم لإزالة الطبقات الجيلاتينية الملونة والحصول على غشاء شفاف من (TAC). يعامل الغشاء بمحلول هيدروكسيد الصوديوم (0.1M) لمدة 24 ساعة لإزالة مجموعة الاستيل ولإتاحة مساحة أكبر لارتباط صبغة BCG على الغشاء

- **صبغ الغشاء بصبغه BCG**

يتم تحضير محول الصبغة (6×10^{-5} M) عن طريق تخفيف الكمية المناسبة من المحلول القياسي للصبغة في 100 مل من ايثلين ثنائي الأمين. يتم وضع الغشاء الشفاف في محلول الصبغة لمدة دقيقتين لصبغه بالكاشف. تم يغسل الغشاء بعد عملية الصبغ بالماء المقطر لإزالة الصبغة الزائدة والحصول على المستشعر. يتم حفظ المستشعر في الماء المقطر حتى الاستخدام وهي نفس الطريقة التي اتبعها كل من (Tavallali et al., 2011) و(Chamjangali et al., 2009) و(Safavi & Bagheri, 2007) في تحضير الغشاء وصبغ الغشاء.

استخدام المستشعر في الكشف عن الالبومين تحث الظروف القياسية

يتم تجهيز الأدوات بعد غسلها وتعقيمها للكشف عن عينات الالبومين التي تم تحضيرها. توضع عينة الالبومين (10 مل) في كاس سعة 100 مل، ثم يضاف اليها 25 مل من المحول المنظم (pH 7). يغمر المستشعر في محلول العينة لمدة 15 دقيقة، ثم يرفع ويوضع في جهاز الطيف لإتمام عملية القياس. عملية القياس عند الطول الموجي (392 nm). يتم بعدها حساب تركيز الالبومين في العينة باستخدام معادلة الخط المستقيم.

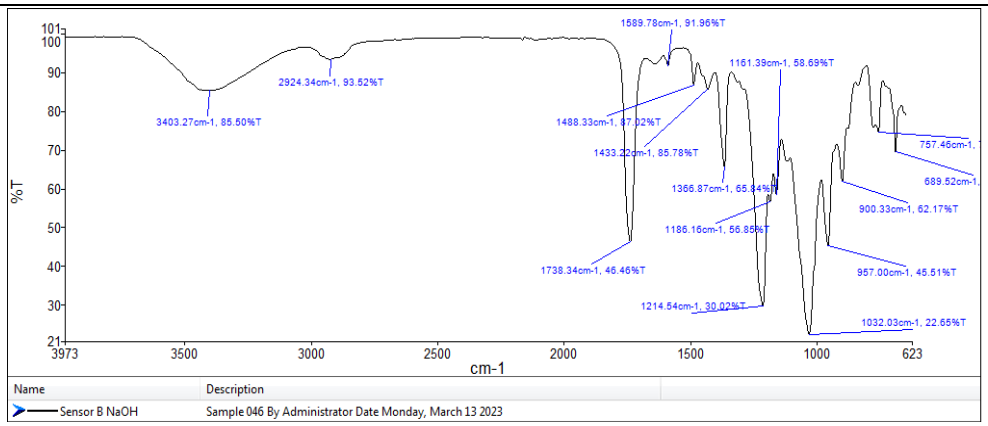
<u>مبدأ العمل والخصائص الطيفية للمستشعر</u>

يعمل المستشعر على أساس التفاعل بين ألبومين مصل الانسان مع صبغة بروموكريسول الأخضر (BCG) المثبتة على غشاء (TAC) بواسطة مادة رابطة هي الايثلين ثنائي الأمين، ووفقا للتفاعل بين الالبومين والكاشف (BCG) يتكون معقد يتغير على أثرها لون المستشعر من اللون الأزرق الي اللون الأصفر، حيث يتم بعدها قياس التغير في اللون بواسطة جهاز UV-vis بين (655 nm و392 nm). ومن اجل الحصول على أفضل حساسية للمستشعر، فقد تمت دراسة التأثيرات المختلفة من أجل الحصول على الظروف المثلى للعمل واستخدام المستشعر.

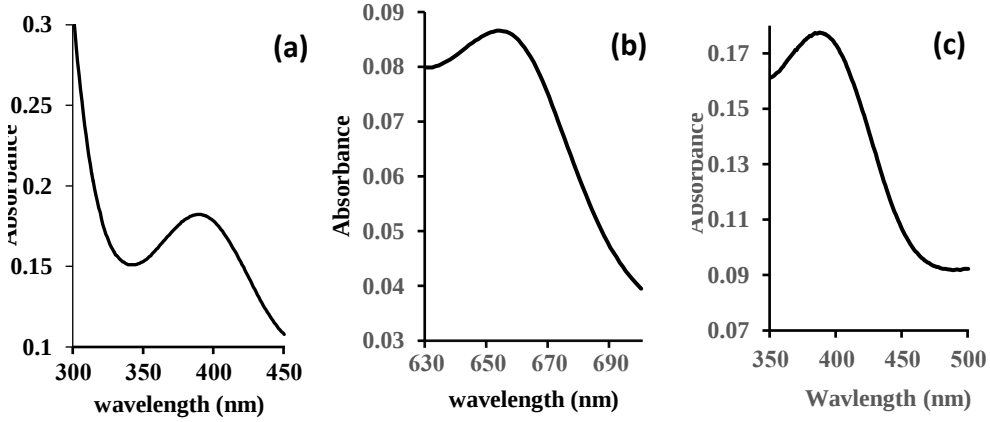
النتائج والمناقشة

تحضير المستشعر: لقد تم تحضير المستشعر في خطوتين أساسيتين: الخطوة الاولي هي تهيئة الغشاء واعداده للصبغ، والخطوة الثانية هي صبغ الغشاء وتهيئته للكشف عن الالبومين.

<u>تهيئة الغشاء</u>: بعد الانتهاء من تنظيف اشرطة التصوير الفوتوغرافي والحصول على غشاء (TAC) في صورة شفافة وتهيئته للصبغ بالكاشف (BCG) تم الكشف على الغشاء الشفاف قبل الصبغ بواسطة الاشعة تحت الحمراء للتعرف على اهم المجموعات الوظيفية المتواجدة على الغشاء. ويبين الشكل (1) طيف الاشعة تحت الحمراء للغشاء الشفاف بعد المعالجة، حيث تعزي القمم المميزة والواسعة (broad) بالقرب من $3483\ cm^{-1}$ الي اهتزاز مصدره مجموعة (OH) لغشاء الاسيتات، كما تظهر قمة امتصاص عند العدد الموجي $1738\ cm^{-1}$ وذلك راجع لمجموعة الكربونيل (CO) بمجموعة الخلات. وتم أيضا قياس شفافية الغشاء في المجال المرئي -الفوق بنفسجي، حيث اعطي الغشاء الشفاف امتصاصية قريبة من المجال المرئي، وعند طول موجي (λ_{max}) عند (389 nm) كم هو مبين بالشكل (2).

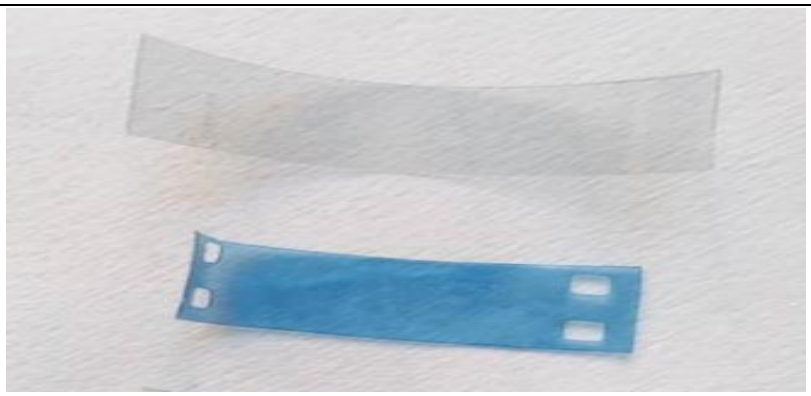


الشكل (1): طيف الاشعة تحت الحمراء (IR) للغشاء الشفاف (TCA)



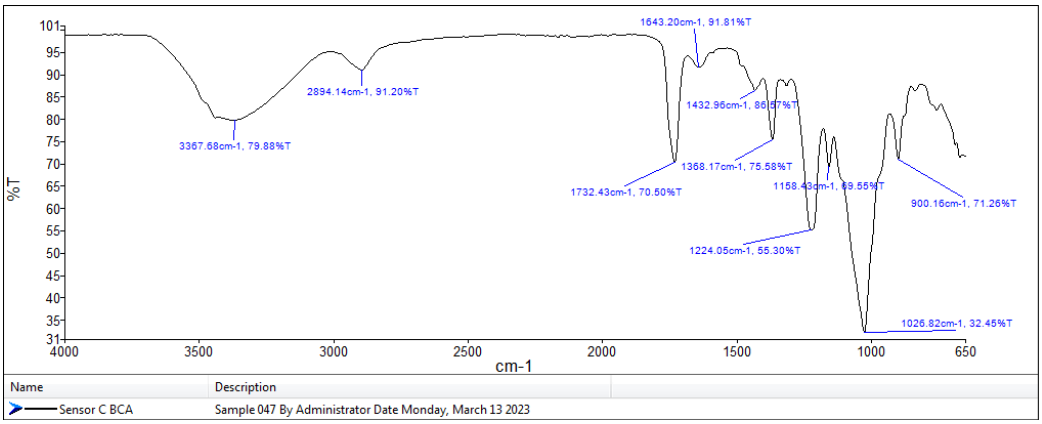
الشكل (2): طيف طيف الاشعة المرئية-فوق البنفسجية للغشاء الشفاف (a) وللمستشعر قبل (b) وبعد (c) التفاعل مع الالبومين.

<u>بعد صباغة الغشاء</u>: بعد صبغ الغشاء الشفاف بالكاشف للحصول على المستشعر (الشكل 3) تم فحص المستشعر بواسطة طيف الاشعة المرئية -الفوق البنفسجية للتأكد من ارتباط الصبغة بالغشاء الشفاف، ويبين الشكل (3) طيف الاشعة المرئية – الفوق بنفسجية بعد المعالجة بصبغة (BCG)، حيث تظهر امتصاصية (BCG) عند الطول الموجي (655nm) كم هو مبين في الشكل (2b).



الشكل (3): صورة فوتوغرافية للغشاء الشفاف قبل وبعد المعالجة بصبغة (BCG).

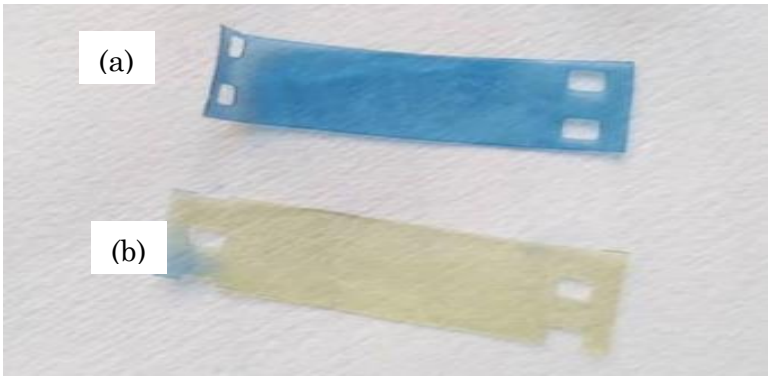
وقد تم ايضا دراسة طيف الاشعة تحت الحمراء للمستشعر وذلك للتعرف على اهم التغيرات التي حدثت للغشاء بعد المعالجة بالصبغة. حيث يظهر الشكل (4) طيف الاشعة تحت الحمراء للغشاء بعد معالجته بالصبغة، قد تم ملاحظة بعض التغيرات على طيف الاشعة تحت الحمراء للغشاء، مما يثبت ارتباط الصبغة بالغشاء، حيث لوحظ تغيرات في موقع مجموعة (OH) من 3403 cm^{-1} قبل الصبغ (الشكل 1) الي 3367 cm^{-1} بعد الصبغ (الشكل 4)، وكذلك تمت إزاحة مجموعة الاستيل من 1738 cm^{-1} الي 1732 cm^{-1}.



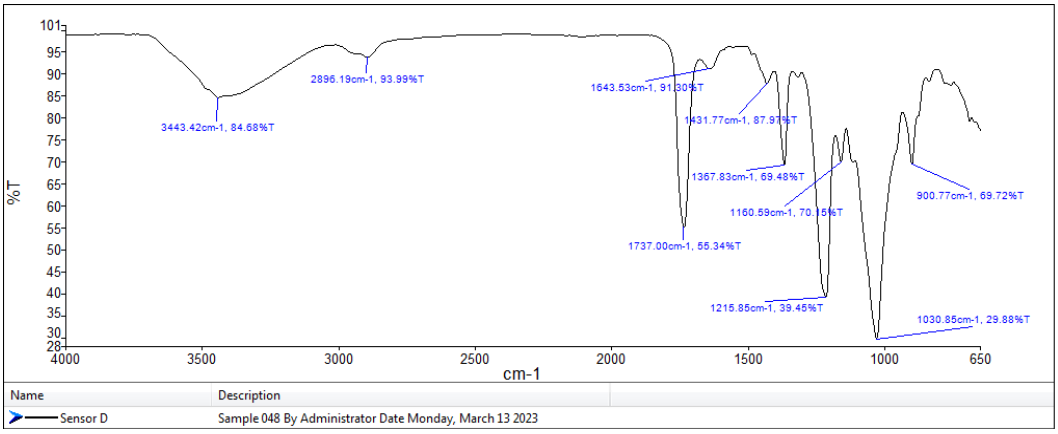
الشكل (4): طيف الاشعة تحت الحمراء للمستشعر

وقد تم اختبار التغيرات الطيفية للمستشعر بعد تفاعله مع الالبومين، حيث لوحظ تغير لون المستشعر عند غمره في محلول الالبومين عند الظروف المثلى للتفاعل من اللون الأزرق الى الأصفر الشفاف كم هو مبين في الصورة الفوتوغرافية للحساس (الشكل 5)، وامتصاصية عند 392 nm (الشكل 2c). يؤكد هذه التغيرات طيف الاشعة تحت الحمراء للمستشعر بعد تفاعله مع الالبومين. حيث لوحظ ازاحة (blue-shift, hypsochromic) من الطول الموجي (655 nm) قبل التفاعل الي (392 nm) بعد التفاعل مع الالبومين، مع زيادة ملحوظة في شدة الامتصاص (hyperchromic) مما يدل علي زيادة معامل الامتصاصية (ε) للمعقد الناتج من ارتباط الالبومين بصبغة (BCG) عند الطول الموجي المبين. ويظهر الشكل

(6) طيف الاشعة تحت الحمراء للمستشعر بعد تفاعله مع الالبومين، حيث لوحظ تغيرات في موقع مجموعة الهيدروكسيل (OH) من 3367 cm^{-1} قبل تفاعل المستشعر الي 3443 cm^{-1} ومجموعة الاستيل من 1732 cm^{-1} الي 1737 cm^{-1} للمستشعر بعد تفاعله مع الالبومين.



الشكل (5): صورة المستشعر (a) قبل و (b) بعد التفاعل مع الالبومين

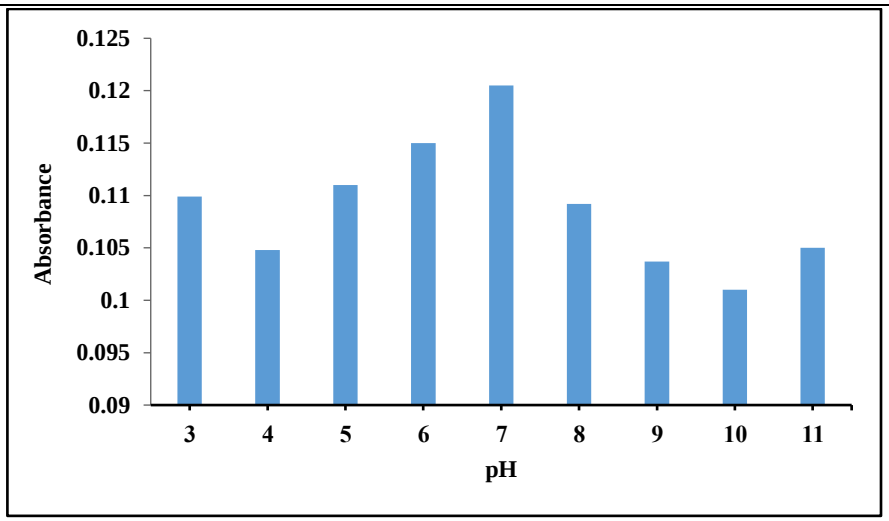


الشكل (6): طيف IR للمستشعر بعد تفاعله مع الالبومين.

دراسة الظروف المثلى للمستشعر

تأثير الاس الهيدروجيني (pH)

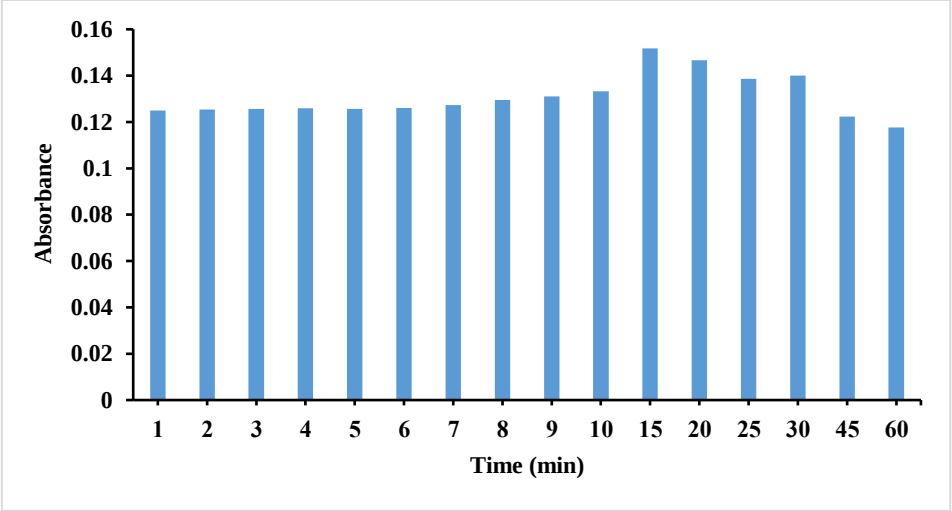
تم دراسة تأثير (pH) على كفاءة الكاشف المثبت على المستشعر للكشف عن الالبومين، عند قيم مختلفة من (3-11) pH، وقد اظهرت النتائج المبينة بالشكل (7) ان الوسط المتعادل هو الوسط المناسب لتفاعل الالبومين والكاشف على المستشعر، وعلى عكس الدراسات السابقة التي قام بها كل من (Zeng et al., 1995) و (Miyada et al., 1972) و(Doumas et al., 1997) فقد اثبت اغلبها ان أفضل ارتباط للصبغة (BCG) بالألبومين في الوسط الحمضي (4 pH).



شكل (7): تأثير الاس الهيدروجيني (pH) على تقدير الالبومين بواسطة المستشعر

تأثيرزمن الارتباط

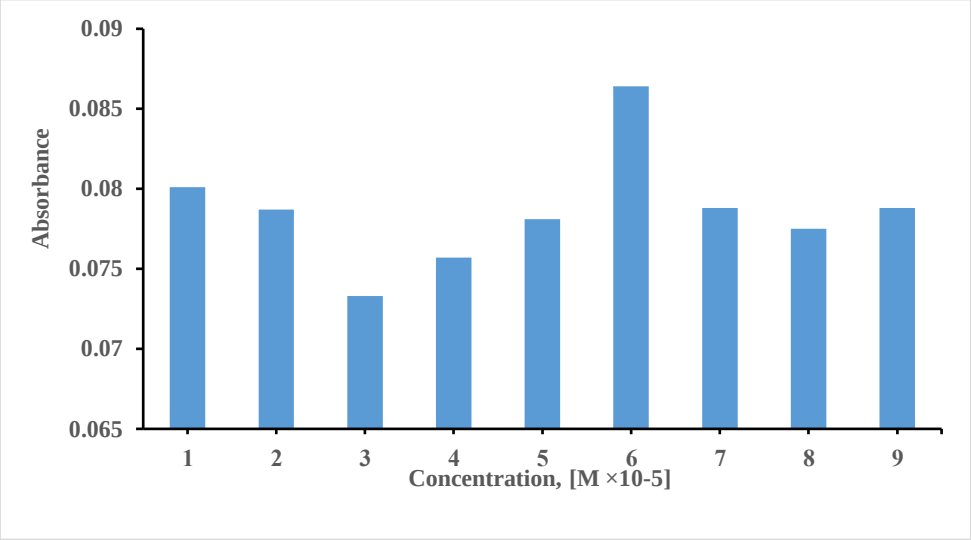
يعتبر وقت الاستجابة بمثابة ميزة تحليلية أساسية لأي مستشعر، فقد تم دراسة تأثير زمن الارتباط على حساسية المستشعر عند ازمنة مختلفة كما هو مبين في الشكل (8)، فقد بينت الدراسة الاستجابة السريعة للمستشعر من الدقيقة الاولي، مما يدل على سرعة تفاعل الكاشف المثبت على المستشعر مع محلول الالبومين وتكوين معقد، وسجلت أفضل استجابة للمستشعر بعد 15 دقيقة، عليه تم اختيار 15 دقيقة كأفضل وقت للاستجابة في التجارب اللاحقة.



الشكل (8): تأثير زمن الارتباط على الكشف عند الظروف المثلى

تأثيرتركيز الكاشف (BCG)

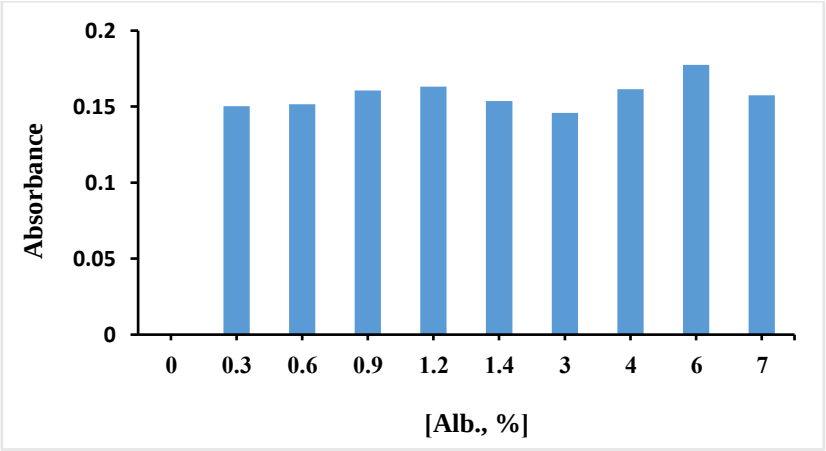
تم أيضا دراسة تركيز الكاشف (BCG) للكشف عن الالبومين، حيث تم تحديد أفضل تركيز للكاشف المثبت علي المستشعر عن طريق تثبيت تراكيز مختلفة من الكاشف (BCG)، وكان أفضل تركيز هو 8.6×10^{-6} M، والشكل (9) يوضح تأثير تركيز الكاشف على عملية الكشف.



الشكل (9): تأثير تركيز الكاشف (BCG) للكشف عن الالبومين

تأثير تركيز الالبومين

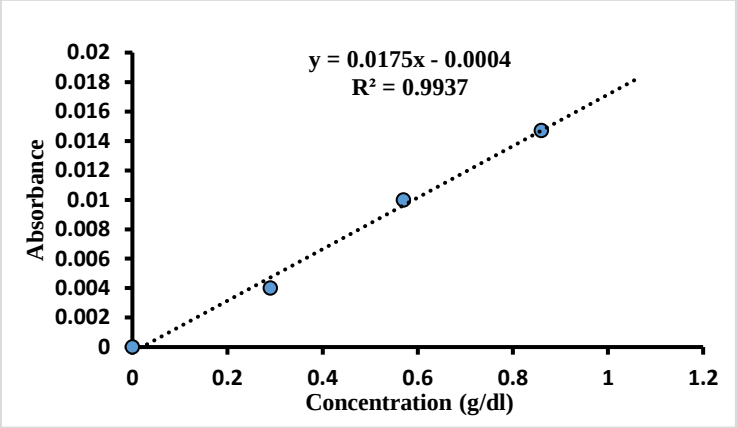
تم دراسة تأثير تركيز الالبومين التجاري المأخوذ من الصيدليات لاختبار مدي فاعلية المستشعر واستجابته لتركيز الالبومين في العينات، حيث تم تحضير تراكيز مختلفة من الالبومين. واظهرت النتائج ان أفضل كمية للألبومين المتفاعل مع الكاشف المثبت على المستشعر هي 6% كما هو مبين في الشكل (10).



الشكل (10): تأثير تركيز الالبومين على المستشعر

الكشف عن الالبومين باستخدام المستشعر تحث الظروف القياسية

تم دراسة الظروف المثالية للكشف عن الالبومين باستخدام المستشعر، حيث تم تحضير عينة وتطبيق جميع الظروف القياسية المثالية فيها وهي (الزمن عند 15 دقيقة والاس الهيدروجيني عند pH7 تركيز الكاشف (BCG) 6×10^{-5} M وتركيز الالبومين عند 6% وتم قياس الامتصاصية عند الطول الموجي (392 nm)، تم الحصول على معادلة الخط المستقيم، كما في الشكل (11)، والمتمثل بالمعادلة $y = 0.0175x-0.0004$، ومعامل ارتباط ($R^2 = 0.9937$).



الشكل (11): المنحني القياسي لتركيز الالبومين

الكشف عن الالبومين باستخدام المستشعر في العينة الطبيعية

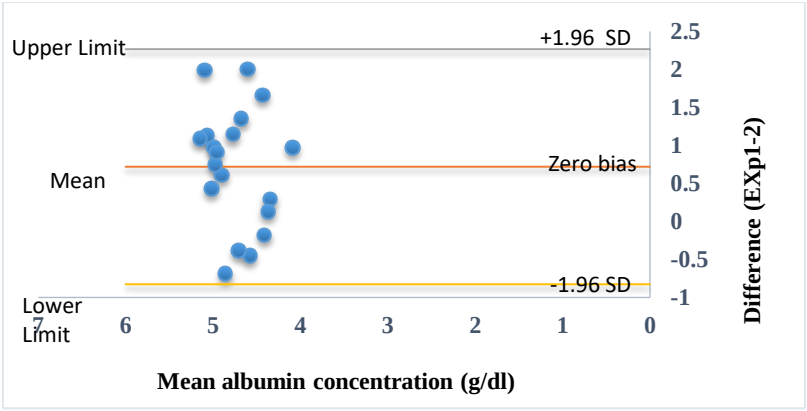
تم اختبار الطريقة المقترحة في هذه الدراسة لتحديد تركيز الالبومين في عينات حقيقية من الدم، وذلك لمعرفة فاعلية الحساس وأيضا لمعرفة التداخلات التي قد تحدث من المواد الأخرى المتواجدة بالدم، حيث تم أخذ عينات من مصل الدم البشري من احدى المختبرات الطبية في مدينة سرت، وتم الكشف على تركيز الالبومين في مصل الدم باستخدام المستشعر، ومقارنتها بنتائج المختبر باستخدام طرق اخرى، وكانت النتائج جيدة مقارنة مع نتائج المختبر، والجدول (12) يوضح مقارنة بين نتائج المستشعر ونتائج المختبر الطبي بالمدينة.

جدول (1): مقارنة بين نتائج المستشعر ونتائج المختبر

رقم العينة	تركيز الالبومين (g/dl)			رقم العينة	تركيز الالبومين (g/dl)	
	المستشعر	المختبر			المستشعر	المختبر
1	4.3	4.5		2	4.5	4.2
3	5.6	4.5		4	4.4	4.8
5	4.4	4.3		6	4.6	3.6
7	4.5	4.9		8	4.5	5.2
9	4.5	5.2		10	5.2	4.6
11	6.1	4.1		12	5.4	4
13	5.6	3.6		14	5.7	4.6

4.8	5.2	16		4.8	5.2	15
4.6	5.3	18		4.5	5.5	17
				4.2	5.3	19

وتمت أيضا المقارنة بين الطريقتين عن طريق استخدام مخطط بلاند التمان (Bland-Altman Plot) الاحصائي التي اتبعها كل من (Garcia et al., 2018) و (Coley-Grant et al., 2016) و (Duly et al., 2003) في المقارنة بين نتائجهم، وهو دراسة مقارنة طريقة باخري تستخدم لتقيم متوسط الاختلافات بين طريقتين للقياس وتقييم الاتفاق بين الطريقتين، وقد أظهرت نتائج بلاند التمان على التوافق الإيجابي بين الطريقتين (الشكل 12)، حيث تم الكشف عن 19 عينة مصل وكان معامل الاختلاف بينهما 0.72 g/dl والانحراف المعياري 0.78 g/dl.



الشكل (22): مقارنة (Bland-Altman Plot) للكشف عن الالبومين

حساب حساسية المستشعر

تم حساب حساسية المستشعر المستخدم للكشف عن الالبومين باستخدام معادلة (معامل ساندل) Sandell's (sensitivity/Index) لحساب حساسية المستشعر المستخدم في عمليات الكشف، والتي تعبر عن اقل تركيز للمادة (ppm) يمكن للمستشعر قياسها وذلك عن طريق حساب امتصاصية المستشعر في خلية طول المسار الضوئي بها (1cm)، وقد اظهر المستشعر امتصاص عند 392 nm مع نطاق خطي بين 0.29-5.7 g/dl، وتم التحقق من دقة الطريقة عن طريق الحد الأدنى من الكشف (Limit of Detection, LOD) الذي وجد مساويا 1.22 g/dl، والحد الأدنى من الكمية (Limit of Quantitation, LOQ) الذي وجد مساويا 3.70 g/dl، وتؤكد هذه البيانات ان طريقة المستشعر المحضر حساسة للكشف عن الالبومين بشكل فعال، والجدول (2) يوضح الظروف المثلي للمستشعر.

جدول (2): الظروف المثلى للمستشعر

المعايير (المقاييس)	النتيجة
الطول الموجي (λ_{max})	392 نانومتر
حدود قانون بير-لمبرت (µg/mL)	5.7-0.29

معامل الارتباط (r^2)	0.9937
معادلة الخط المستقيم	Y= 0.0175x-0.0004
حساسية ساندل ($\mu g/cm^2$-0.001)	0.0123
الميل (m)	0.0175
حد الكشف (LOD, µg/mL)	1.22
حد الكم ((LOQ, µg/mL)	3.70
الانحراف المعياري (SD)	0.0065
عمر المستشعر (hr)	12

الخلاصة

تناولت هذه الدراسة استخدام مخلفات التصوير الفوتوغراقي في تطوير مستشعر بصري لتحديد الألبومين في مصل الدم، والذي يعتمد على تثبيت صبغة BCG على غشاء ثلاثي أسيتيل السليلوز (TCA). تم إعداد المستشعر الموصوف في هذا الدراسة بسهولة، حيث يقدم طريقة بسيطة وسريعة وفعالة من حيث التكلفة لقياس الألبومين في عينات حقيقية. يعرض المستشعر مدى تركيز خطي للألبومين يتراوح بين 0.29 و 5.7 ميكروغرام/مل، وحد كشف يبلغ 1.22 ميكروغرام/مل، ووقت استجابة سريع نسبيًا يتراوح من 1-15 دقيقة. يعمل المستشعر بشكل مثالي في وسط محايد بدرجة حموضة تبلغ 7، ويمكنه تحديد مستويات الألبومين في عينات الدم الحقيقية بشكل فعال بالمقارنة مع أجهزة الاستشعار البصرية التي تم تطويرها سابقًا والتي تستخدم نظام تثبيت مماثل.

المراجع

Afkhami, A., & Sarlak, N. (2007). Design and characteristics of a sulfide and sulfite optode based on immobilization of methyl violet on a triacetylcellulose membrane. *Sensors and Actuators B: Chemical*, *124*(2), 285-289.

Arroyo, V., García-Martinez, R., & Salvatella, X. (2014). Human serum albumin, systemic inflammation, and cirrhosis. *Journal of Hepatology*, *61*(2), 396-407.

ATLAS MEDICAL, Albumin bromocresol green (BCG) "*Quantitative determination of albumin for in-vitro and professional use only*", William James House, Cambridge, uk.

Bertholf, R. L. (2014). Proteins and albumin. *Laboratory Medicine*, *45*(1), e25-e41.

Branden, C. I., & Tooze, J. (2012). *Introduction to protein structure*. Garland Science.

Chamjangali, M. A., Soltanpanah, S., & Goudarzi, N. (2009). Development and characterization of a copper optical sensor based on immobilization of synthesized 1-phenyl-1, 2-propanedione-2-oxime thiosemicarbazone on a triacetylcellulose membrane. *Sensors and Actuators B: Chemical*, *138*(1), 251-256.

Coley-Grant, D., Herbert, M., Cornes, M. P., Barlow, I. M., Ford, C., & Gama, R. (2016). The impact of change in albumin assay on reference intervals, prevalence of 'hypoalbuminaemia'and albumin prescriptions. *Annals of Clinical Biochemistry*, *53*(1), 112-116.

Crowley, L. V. (1964). An evaluation of serum protein fractionation using a methyl orange method for determination of albumin. *Clinical Chemistry*, *10*(12), 1131-1136.

Dos S., R., Figueiredo, C., Viecinski, A. C., Pina, A. S., Barbosa, A. J., & Roque, A. C. A. (2019). Designed affinity ligands to capture human serum albumin. *Journal of Chromatography A,* 1583, 88-97.

Doumas, B. T., Watson, W. A., & Biggs, H. G. (1971). Albumin standards and the measurement of serum albumin with bromcresol green. *Clinica Chimica Acta*, *31*(1), 87-96.

Doumas, B. T., Watson, W. A., & Biggs, H. G. (1997). Albumin standards and the measurement of serum albumin with bromcresol green. *Clinica Chimica Acta*, *258*(1), 21-30.

Duly, E. B., Grimason, S., Grimason, P., Barnes, G., & Trinick, T. R. (2003). Measurement of serum albumin by capillary zone electrophoresis, bromocresol green, bromocresol purple, and immunoassay methods. *Journal of Clinical Pathology*, *56*(10), 780-781.

Fraden, J. Handbook of Modren Sensors, Fifth Edition, Springer-Vertag, New York, 2015.

Garcia M., V., Beridze V., N., Martinez G., M., D., Laborda G., B., Garcia A., S., & Fernandez R., E. (2018). Overestimation of albumin measured by bromocresol green vs bromocresol purple method: influence of acute-phase globulins. *Laboratory Medicine*, *49*(4), 355-361.

Giancarla, A. Camilla, Z., Lisa, R. M. and Raffaela, B., (2020). Disposable and Low-Cost Colorimetric Sensors for Environmental Analysis. Int. J. Environ. Res. Public Health, 17, 8331.

Grattan K., T., V., & Meggitt B., T. (1999). Optoelectronics imaging and Sensing, Optical Fiber Sensor Technology, Volume 3 Applications and Systems, Kluwer Academic Publishers, ISBN 0-412-82570-8.

Hariharan, P. (2003). "Optical Interferometry in Astronomy", Reports On Progress in Physics, Second Edition, Institute of Physics, Sydney Univ. Academic Press. Sydney, Australia

Haus, J. (2010). *Optical sensors: Basics and Applications*. John Wiley & Sons. ISBN 978-3-527-40860-3.

Hill, P. G. The measurement of albumin in serum and plasma. *Annals of Clinical Biochemistry* 22.6 (1985): 565-578.

Ito, S., & Yamamoto, D. (2010). Mechanism for the color change in bromocresol purple bound to human serum albumin. *Clinica Chimica Acta*, *3*(411), 294-295.

Ito, S., & Yamamoto, D. (2015). Structure of the methyl orange-binding site on human serum albumin and its color-change mechanism. *Biomedical Research*, *36*(4), 247-252.

Kratz, F. (2008). Albumin as a drug carrier: Design of prodrugs, drug conjugates and nanoparticles. *Journal of Controlled Release*, *132*(3), 171-183..

Kretschmar M. & Welsby S. (2005). Capacitive and inductive displacement sensors, in "Sensor Technology Handbook", J. Wilson (editor) Newnes: Burlington, MA.

Kumar, D., & Banerjee, D. (2017). Methods of albumin estimation in clinical biochemistry: Past, present, and future. *Clinica Chimica Acta*, *469*, 150-160.

Labcare, Albumin BCG colorimetric test "Quantitative determination of albumin in serum/plasma IVD" LAB-Care Diagnostics (INDIA) PVT. LTD.

Li, P., Wang, Y., Zhang, S., Xu, L., Wang, G., & Cui, J. (2018). An ultrasensitive rapid-response fluorescent probe for highly selective detection of HSA. *Tetrahedron Letters*, *59*(14), 1390-1393.

López-Higuera, J. M. (Ed.). (1998). Optical sensors. Ed. Universidad de Cantabria. ISBN: 84-8102-197-0.

Miyada, D. S., Baysinger, V., Notrica, S., & Nakamura, R. M. (1972). Albumin quantitation by dye binding and salt fractionation techniques. *Clinical Chemistry*, *18*(1), 52-56.

Nicholson, J. P., Wolmarans, M. R., & Park, G. R. (2000). The role of albumin in critical illness. *British Journal of Anaesthesia*, *85*(4), 599-610.

Onu, C. E., Ekwueme, B. N., Ohale, P. E., Onu, C. P., Asadu, C. O., Obi, C. C., & Onu, O. O. (2023). Decolourization of bromocresol green dye solution by acid functionalized rice husk: artificial intelligence modeling, GA optimization, and adsorption studies. *Journal of Hazardous Materials Advances*, *9*, 100224.

Onu, C. E., Ohale, P. E., Ekwueme, B. N., Obiora-Okafo, I. A., Okey-Onyesolu, C. F., Onu, C. P., & Onu, O. O. (2022). Modeling, optimization, and adsorptive studies of bromocresol green dye removal using acid functionalized corn cob. *Cleaner Chemical Engineering*, *4*, 100067.

Pinnell, A. E., & Northam, B. E. (1978). New automated dye-binding method for serum albumin determination with bromcresol purple. *Clinical Chemistry*, *24*(1), 80-86.

Pugia, M. J., Lott, J. A., Profitt, J. A., & Cast, T. K. (1999). High-sensitivity dye binding assay for albumin in urine. *Journal of Clinical Laboratory Analysis*, *13*(4), 180-187.

Rodkey, F. L. (1965). Direct spectrophotometric determination of albumin in human serum. *Clinical Chemistry*, *11*(4), 478-487.

Safavi, A., & Bagheri, M. (2008). Design of an optical sensor for indirect determination of isoniazid. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, *70*(4), 735-739.

Saifer, A., & Zymaris, M. C. (1955). Effect of shaking on the accuracy of salt fractionation methods for serum albumin. *Clinical Chemistry*, *1*(3), 180-189.

Samir, K. and Tawfik, A. K, (2020). Recent Advances in Cellulose-Based Biosensors for Medical Diagnosis. *Biosensors*, 10(6), 67.

Shokrollahi, A., Alizadeh, A., Malekhosseini, Z., & Ranjbar, M. (2011). Removal of bromocresol green from aqueous solution via adsorption on Ziziphus nummularia as a new, natural, and low-cost adsorbent: kinetic and thermodynamic study of removal process. *Journal of Chemical & Engineering Data*, *56*(10), 3738-3746.

Slater, L., Carter, P. M., & Hobbs, J. R. (1975). Measurement of albumin in the sera of patients. *Annals of Clinical Biochemistry*, *12*(1-6), 33-40.

Tavallali, H., Vahdati, P., & Shaabanpur, E. (2011). Developing a new method of 4-(2-pyridylazo)-resorcinol immobilization on triacetylcellulose membrane for selective determination of Ga^{3+} in water samples. *Sensors and Actuators B: Chemical*, *159*(1), 154-158.

Truechemie Albumin Test Kit (Bromocresol Green) "*For the quantitative determination of albumin concentration in human serum or plasma*" Athenese-Dx Pvt. Ltd, India

Xu, J. F., Yang, Y. S., Jiang, A. Q., & Zhu, H., L. (2022). Detection methods and research progress of human serum albumin. *Critical Reviews in Analytical Chemistry*, *52*(1), 72-92.

Zeng, W., Meng, X., Li, N., & Tong, S. (1995). New method of simultaneous and non-destructive determination of human serum albumin and globulin. *Analytica Chimica Acta*, *316*(3), 387-389.

Using industrial plastic waste to develop a sensitive and flexible sensor for detecting albumin in blood

Ibrahim Ahmed Dhaw[1], Abdussalam Salhin Mohamed*[1], Adel Mohamed Mlitan[2]

[1]Chemistry Department, Faculty of Sciences, Sitre University, Sirte, Libya

[2]Chemistry Department, Faculty of Sciences, Misurata University, Misurata, Libya

Abstract

An effective and cost-efficient optical sensor has been developed to measure albumin levels in blood samples. This sensor utilizes bromocresol green (BCG) reagent immobilized on a triacylglycerol acetate (TAC) membrane. The analytical measurements are based on the formation of a complex between albumin and the BCG reagent on the membrane. The binding of the reagent to the TAC membrane was verified using UV-Vis and IR spectroscopy. Several factors that enhance the sensitivity of the sensor were identified, including pH, contact time, and reagent concentration. Results showed

significant color change in the sensor upon immersion in the albumin solution, shifting from blue (655 nm) to yellow (392 nm). The sensor exhibited sensitivity within a concentration range of 0.29–5.7 µg/ml of albumin, with detection and quantification limits of 1.22 µg/ml and 3.70 µg/ml, respectively, at a wavelength of 392 nm. The response time varied from 1 to 15 minutes, and the relative standard deviation for 19 repeated albumin measurements was 10.9%. Additionally, the calculated sensitivity/Sandell index was 0.0123 mg/ml. The optical sensor's effectiveness in detecting albumin in real blood samples was evaluated, yielding satisfactory results consistent with those obtained in other laboratories.

Keywords: Albumin; BCG; Cellulose Acetate; Sensors; Serum.

The First Scientific Conference of the Faculty of Science – Sirte University
Environmental Pollution and Challenges of Environmental Sustainability (EPESC), Oct.14, 2025

مقارنة كهروكيميائية لإنتاج غاز الهيدروجين من مياه البحر مع مصادر مائية اخرى: دراسة حالة من محطة تحلية مياه البحر بمدينة طبرق - ليبيا

ساسي مجدي عسكر[1]، محمد رزق أبوبكر[2]، امبيريكة محمد صالح[3]، جلال محمد المنفي[4]، رمضان عبدالمولى الهنداوي[1]

[1] قسم الموارد الطبيعية - كلية الموارد الطبيعية وعلوم البيئة - جامعة عمر المختار، البيضاء - ليبيا
[2] الشركة العامة لتحلية مياه البحر – محطة تحلية مياه البحر، طبرق – ليبيا
[3] قسم الكيمياء، كلية الآداب والعلوم، جامعة الكفرة، ليبيا
[4]قسم الكيمياء – كلية العلوم- جامعة عمر المختار، البيضاء – ليبيا
Corresponding Author ramadanalhendawi@hotmail.com

Article History:

Received: 02 April 2025

Revised: 17 May 2025

Published: 15 November 2025

الكلمات المفتاحية:

إنتاج الهيدروجين؛ التحليل الكهروكيميائي؛ الجهد المطبق؛ خلية هوفمان؛ محطة التحلية.

الملخص: هدفت هذه الدراسة إلى تقييم إنتاج غاز الهيدروجين عن طريق التحليل الكهروكيميائي لمياه البحر وأنواع مختلفة من المياه باستخدام أقطاب متعددة، شملت أقطاب الجرافيت والبلاتين، وذلك ضمن منظومة خلية هوفمان وباستخدام جهود كهربائية مختلفة (5، 10، 15، 20، 25، 30 فولت) عند تيار ثابت مقداره 1 أمبير ولمدة ساعتين. كما تم تسجيل قراءات إنتاج الهيدروجين من المحلل الكهربائي بمحطة تحلية مياه البحر في مدينة طبرق الليبية خلال مرحلة إنتاج الكلور. تم استخدام عدة أدوات وتقنيات تحليلية لقياس الخصائص الكيميائية والفيزيائية للمحاليل قيد الدراسة، وذلك بهدف دراسة تأثير تركيز بعض المحاليل المائية على حجم غاز الهيدروجين الناتج. أظهرت النتائج أن حجم إنتاج غاز الهيدروجين يزداد بشكل عام مع زيادة الجهد الكهربائي. وقد تم تسجيل أعلى حجم لإنتاج الهيدروجين باستخدام تقنية التحليل الكهروكيميائي، حيث بلغ 50.6 مل خلال 55 دقيقة عند جهد كهربائي قدره 15 فولت في ماء البحر، وذلك بالمقارنة مع المحاليل المائية الأخرى المضافة إلى الماء المقطر (DW) كشاهد لكل منهما عند تركيز (M0.05)، وهي كلوريد الصوديوم (NaCl)، وهيدروكسيد البوتاسيوم (KOH)، وحمض الهيدروكلوريك (HCl). مما يعني أن توفر الموصلية الأيونية العالية في ماء البحر (EC) تعكس انتاجية عالية للهيدروجين (H_2). وهذا يتطابق مع نتائج هذه الدراسة بأن معدل إنتاج الهيدروجين تزداد بزيادة كل من التيار (الأمبير) والجهد الكهربائي (الفولت) في كلا النظامين في ماء البحر (نظام التحليل

الكهروكيميائي المستخدم في محطة التحلية بطبرق وفي المختبر نظام خلية هوفمان). في الختام تؤكد هذه الدراسة أن مياه البحر تمثل مصدرًا اقتصاديًا وفعّالًا لإنتاج غاز الهيدروجين، مما يجعلها خيارًا واعدًا كمصدر آمن ومستدام للطاقة البديلة، يسهم في تنويع مصادر الدخل ودعم التنمية الاقتصادية في ليبيا.

2. المقدمة

أدى ارتفاع أسعار النفط ومشتقاته والتنبؤ بندرته في المستقبل وانبعاث غازات الاحتباس الحراري إلى تجدد اهتمام العلماء والسلطات في اغلب دول العالم باستخدام الطاقات المتجددة البديلة (Saadi et al., 2008). إذ يعد إنتاج الهيدروجين بتكلفة منخفضة من مصادر متجددة أحد التحديات الكبرى لأبحاث الطاقة (Bailleux & Clément, 1989; CEA, 2004). شهد العالم خلال القرن العشرين سلسلة من الثورات العلمية والتكنولوجية أدت إلى زيادة دور موارد الطاقة كعامل أساسي في التنمية الاقتصادية والاجتماعية. لقد قامت الحضارة الحديثة على استخدام الوقود الأحفوري، حيث يلبي الوقود الأحفوري والفحم والنفط الطبيعي 80 % من الطلب العالمي على الطاقة ومع ذلك فإن الاستهلاك المتزايد باستمرار للطاقة سيؤدي في النهاية إلى نضوبها وقبل ذلك إلى زيادة أسعار الطاقة أكثر. وبدلاً من ذلك أصبح الوقود الأحفوري قوة مدمرة للبيئة بما يحمله من ملوثات بيئية ضارة ومخاطر صحية ومع ذلك، لتقليل انبعاثات الغازات الدفيئة، يفضل توليد الكهرباء باستخدام تقنيات الطاقة المتجددة، مثل طاقة الرياح والطاقة الشمسية والطاقة الحرارية الأرضية والطاقة الكهرومائية، والطاقة النووية، أو الفحم والغاز الطبيعي مع عزل الكربون. حاليا يحظى إنتاج الهيدروجين باهتمام متزايدة في جميع أنحاء العالم بسبب إمكانات الطاقة الهائلة (Bailleux & Clément, 1989; CEA, 2004). يمكن إنتاج الهيدروجين من التحليل الكهربائي للماء باستخدام جهود فولت واقطاب مختلفة. كما يمكن إنتاج الهيدروجين من مصادر مختلفة مثل النفط والفحم والكتلة الحيوية والغاز الطبيعي والطحالب والكحول والتحليل الكهربائي للمياه والتحليل الكهربائي للرياح والتحليل الكهربائي للطاقة الحرارية الأرضية والتحليل الكهربائي الضوئي. ومع ذلك، فإن التحليل الكهربائي للماء أكثر ملاءمة لقطاعات الصناعة التي تتطلب هيدروجينًا عالي النقاء (Oualid, 2009).

بسبب درجة حرارته المنخفضة جدا، فان الهيدروجين السائل يجعل المواد التي تتلامس معه بشكل مباشر قابلة للتفتيت. نظرا لخصائصه الكيميائية، حيث يعتبر الهيدروجين أساسا عامل اختزال ويستخدم بشكل أساسي على هذا النحو في الصناعة الكيميائية، وإذا أخذنا في الاعتبار الجانب الكيميائي، فإن الهيدروجين غير سام ولكنه يسبب اختناق إذا تواجد بكميات زائدة في الهواء (Sahli, 2010; AFHYPAC - IFPEN, 2019; Hidrogeno y pilas de combustible, 2004).

عملية التحليل الكهربائي للماء تقنية نظيفة للغاية وفعالة من حيث التكلفة، ويمكن أن تنتج أكثر من 99.98% من غاز الهيدروجين النقي (Khemais, 2018; Yuvaraj & Santhanaraj, 2013). لا يتحلل الماء تلقائيًا إلى هيدروجين وأكسجين، بل يجب منحه الطاقة من أجل ذلك. وبالتالي فإن التحليل الكهربائي للماء هو تفاعل كهروكيميائي، والذي يحدث في جهاز خاص يسمى المحلل الكهربائي، حيث يتم فيه حقن تيار كهربائي باستخدام مولد كهربائي "والماء السائل"، ويتم استرداد غاز الهيدروجين والأكسجين عند المخرج. لذلك نحن نقوم بعملية كيميائية، أي أننا نحول مركبا كيميائيًا "ماء" إلى مركبات كيميائية أخرى (الهيدروجين والأكسجين) بالكهرباء (Khemais, 2018; Yuvaraj & Santhanaraj, 2013). أظهرت بعض الدراسات السابقة أنه يمكن دراسة تأثير الجهد المطبق على تفاعل تطور الهيدروجين على قطب الجرافيت الأسطواني عند درجة حرارة 593 كلفن مع تركيز 0.025 M مولار من KOH. كما تبلغ درجة الحموضة pH والتوصيل الأيوني لهيدروكسيد البوتاسيوم (KOH) 12.91 و38.7 مللي سيمينس / سم (mS / cm) على التوالي. حيث يتراوح الجهد

المطبق من 9 إلى 12 فولت. وتبين هذه الدراسات أن معدل إنتاج غاز الهيدروجين يزداد تدريجيا مع زيادة الجهد المطبق (Zeng & Zhang, 2010; Imperiyka et al., 2017; Yepez-Madrigal, 2024) وقد وجد أن مياه البحر تظهر قيمة عالية في إنتاج الهيدروجين (Zhang et al., 2024).

الهدف من هذه الدراسة هو استخدام التقنيات الجديدة المستخدمة في إنتاج الهيدروجين من مياه البحر مباشرة أثناء عملية إنتاج الكلور المعتمدة بمحطة تحلية مياه البحر في مدينة طبرق الليبية، و التي من خلالها نقوم بدراسة إمكانية الاستفادة القصوى من غاز الهيدروجين الصاعد إلى الهواء الجوي بطريقة سهلة وغير مكلفة وقياس بعض الخواص الكيميائية والفيزيائية لمياه البحر او مصادر المياه الأخرى المصاحبة لإنتاج الهيدروجين أثناء عملية التحليل الكهروكيميائي، واختيار أفضل السبائك الداخلة في عملية التحليل الكهروكيميائي لإنتاج الهيدروجين واختبار تأثير بعض معاملات التشغيل، ودراسة تأثير الملوحة على تدفق انتاج الهيدروجين بواسطة استخدام نظام التحليل الكهرو كيمائي لأنواع المياه المستخدمة. ومن خلال عرض النتائج المتحصل عليها من إنتاج الهيدروجين بالتحليل الكهروكيميائية لمياه البحر وأنواع مياه أخرى تحت الدراسة سنعطي مؤشر لأهم النقاط التي تظهر في نهاية هذه الدراسة والآفاق المحتملة لاستمرار هذا العمل في محطات تحلية مياه البحر الكبرى في ليبيا للمساهمة في نهضة بلادنا وتقدمها.

2. المواد وطرق العمل Materials and Methods:

في هذه الدراسة تم استخدام الأجهزة والأدوات المعملية اللازمة مثل: أنابيب اختبار وسحاحات وماصات ومخابير مدرجة ودوارق مخروطية وحجمية وغيرها. بالإضافة الى المواد التالية: - مقياس الأس الهيدروجيني الرقمي pH-meter، مقياس التوصيلية الكهربائية (EC) والأملاح الذائبة الكلية (TDS) والملوحة وأجهزة أخرى ذات العلاقة بتقنيات التحليل الكهروكيميائي.

حيث تم قياس الهيدروجين معمليا في عينات مياه البحر وماء مقطر (Control) وأخرى ماء مقطر مضاف اليه محاليل مائية أخرى مثل: هيدروكسيد البوتاسيوم (KOH) وهيدروكسيد الصوديوم (NaOH) وكلوريد الصوديوم (NaCl) وحمض الهيدروكلوريك (HCl). وذلك باستخدام خلية هوفمان واقطاب مختلفة (بلاتين – جرافيت) عند جهود فولت مختلفة (Voltage: 5-30v) + تيار شدته واحد 1 أمبير (A -1) لمدة ساعتين. ومقارنتها مع الهيدروجين الناتج من محطات التحلية (المياه المعالجة) باستخدام تقنيات التحليل الكهروكيميائي القائمة في مصنع إنتاج الكلور بمحطة تحلية مياه البحر بمدينة طبرق. تم استخدام التحليل الإحصائي لبعض النتائج بالبرنامج الإحصائي SPSS.

3. طريقة العمل والخطة البحثية Research Methodology:

في هذا البحث تم دراسة إنتاج الهيدروجين عن طريق التحليل الكهروكيميائي لمياه البحر (كمصدر اقتصادي للمياه) عمليا في مصنع إنتاج الكلور السائل بمحطة تحلية مياه البحر بمدينة طبرق الليبية. وكما نعلم ان الهيدروجين هو ناقل للطاقة لا يتوفر مباشرة في الطبيعة؛ لذا يجب أن يتم تصنيعه قبل تخزينه واستخدامه ويتم الحصول على الهيدروجين أساسا عن طريق إعادة تشكيل أو عملية تحويل الهيدروكربونات إلى غاز وبالتحليل الكهربائي للمياه. وكذلك تم دراسة إنتاج الهيدروجين عن طريق التحليل الكهرو كيميائي لمياه التحلية المعدلة للشرب والمياه المقطرة ومقارنتها مع إنتاج الهيدروجين عن طريق حقن الخلية بمياه البحر مباشرة لمقارنة أي نوع من المياه أفضل لإنتاج غاز الهيدروجين.

4. خطوات العمل: -

أولا: - إنتاج الهيدروجين بطريقة التحليل الكهربائي لمياه البحر في مصنع قائم لإنتاج الكلور السائل في محطة تحلية مياه البحر بمدينة طبرق.

حيث سجلت في هذه الدراسة تدفق ثابت لتغذية مياه البحر الى المحطة بمعدل15 m3/h، تحت تأثير تيار عالي DC 1000 A وجهد كهربائي 100 فولت. وقد سجلت الشركة الفرنسية Sidem (2002) المنقذ للمشروع اثنا فترة تركيب وتشغيل مصنع الكلور في محطة تحلية مياه البحر بطبرق سنة 2002. بان اعلى انتاج للكلور هو 25 كيلوجرام / ساعة عند اعلى تيار وهو 1000 امبير ليكون انتاج غاز الهيدروجين 8.75 متر مكعب / ساعة كما هو موضح بالجدول (1).

جدول (1): يوضح انتاج الهيدروجين والكلور بمصنع الكلور في محطة تحلية مياه البحر طبرق.

ت	العنصر	كمية الانتاج عند 500 أمبير	كمية الانتاج عند 700 أمبير	كمية الانتاج عند 1000 أمبير
1	الهيدروجين	$4.375\ m^3/h$	$6.125\ m^3/h$	$8.75\ m^3/h$
2	الكلور السائل	12.5 kg/h	17.5 kg/h	25 kg/h

ومن الأهداف الرئيسية لعملية التحليل الكهروكيميائي لمياه البحر في مصنع الكلور المستخدم لتطهير مياه البحر قبل الدخول لوحدات التحلية للقضاء على الكائنات البحرية الموجودة بمياه البحر. حيث غاز الهيدروجين ينتج خلال التفاعلات الكيميائية أثناء عملية التحليل الكهربائي لمياه البحر ويتصاعد الى الهواء الجوي بكميات هائلة دون تخزينه او الاستفادة منه كمصدر للطاقة، وهذا يحدث مع جميع محطات التحلية في ليبيا.

وبالتالي، نتوقع إن تعطي هذه الدراسة نتائج جيدة باستخدام تقنيات سهلة ومتوفرة لإنتاج الهيدروجين كمصدر أساسي للطاقة من خلال تقنيات التحليل الكهروكيميائي لمياه البحر بديل عن مصادر الطاقة الأخرى المكلفة والخطرة على الصحة والبيئة، ونساهم في نهضة بلادنا وتقدمها في هذا المجال.

ثانيا: - إنتاج الهيدروجين بطريقة التحليل الكهربائي في المختبر عن طريق تصميم خلية تحليل (خلية هوفمان) لمقارنة كميات الهيدروجين المنتجة من الأنواع المختلفة من المياه.

يستخدم جهاز هوفمان لغرض تحليل الماء وتحديد التركيب الكيميائي بالتحليل الكهربائي. تحتوي الوحدة الزجاجية على طرفين متصلين سعة كل منهما حوالي 50 مل (مدرج من 2 مل الى 50 مل). يبلغ الحجم الإجمالي حوالي 150 مل وأنبوب خزان متكامل ومصباح على شكل قمع مع محبس في أعلى كل طرف يملأ الجهاز بالمحلول من خلال القمع المركزي. يفتح المحبسان لفترة وجيزة لإخراج الهواء من الأنابيب المدرجة. يمر تيار مستمر شدته 1 أمبير عبر الأقطاب الكهربائية. عند تشغيل الجهاز تخرج فقاعات من الأقطاب الكهربائية وترتفع على الأطراف الجانبية لتشكل عمود غاز تحت كل صنبور. يطلق الكاثود الهيدروجين والانود الأكسجين. نظريا يطلق الهيدروجين ضعف حجم الأكسجين، مع ذلك يعد الأكسجين أكثر قابليه للذوبان في الماء من الهيدروجين، لذا عادة ما تكون الكمية المقاسة اقل من المتوقع. بعد جمع 50 مل من الغاز يمكن فتح محبس الغاز لجمعه في أنبوب اختبار صغير. يمكن اختبار الغاز حيث يصدر غاز الهيدروجين صوت فرقعه عند اشتعاله.

5. النتائج والمناقشة:

أولا: -إنتاج الهيدروجين بطريقة التحليل الكهربائي لمياه البحر في مصنع قائم لإنتاج الكلور السائل في محطة تحلية مياه البحر بمدينة طبرق:

يوضح الشكل (1) المرحلة الثانية من خطوات تشغيل المحطة وهي مرحلة التحكم وتجهيز الظروف التشغيلية لبدء عملية التحليل الكهركيميائى داخل الخلية قراءة لكمية المياه التي تم حقنها داخل الخلية. كذلك يوضح الجدول (2) الخواص الكيميائية والفيزيائية لعينات مياه البحر قبل وبعد عملية إنتاج الكلور والهيدروجين في مصنع الكلور بمحطة تحلية مياه البحر بطبرق.

شكل (1): المرحلة الثانية قراءة لكمية المياه التي تم حقنها داخل الخلية

جدول (2): الخواص الكيميائية و الفيزيائية لعينات مياه البحر (ثلاثة مكررات/ *ساعة) قبل* (A) *وبعد* (B) *عملية* إنتاج الكلور والهيدروجين.

Sample No	mg / L (ppm)						
	pH	EC	TDS	NaCl	NaOCl	Cl	DO
1- (A)	8.2 b	60600 a	36320 a	7605 a	29.2 b	1414.8 b	3.48 b
1- (B)	9.4 a	59800 a	35242 a	7020 b	49.7 a	1535.2 a	7.65 a
2- (A)	8.2 b	62200 a	37200 a	7712 a	36.5 b	1433.5 b	3.60 b
2- (B)	9.5 a	59400 a	35615 a	7054 b	43.8 a	1672.2 a	7.74 a
3- (A)	8.2 b	60300 a	34250 b	7450 a	36.5 b	1403.5 b	3.52 b
3- (B)	9.6 a	59500 a	33700 b	7122 b	58.4 a	1529.6 a	7.93 a

▪ القيم المتبوعة بنفس الحرف أو الحروف داخل كل عمود لا تختلف معنويا فيما بينها طبقاً لإختبار أقل فرق معنوي المعدل عند مستوى 5 % p

إن الهدف الأساسي من مصنع الكلور السائل في محطة تحلية طبرق هو انتاج هيبوكلوريت الصوديوم حيث يتم إنتاج او توليد هيبوكلوريت الصوديوم في الموقع لتطهير مياه البحر عن طريق التحليل الكهربائي لمياه البحر، لا داعي لشراء أي مواد كيميائية للتطهير، لأن المكونات الضرورية موجودة في مياه البحر. تعتمد عملية الكلوره الكهربائية على التحليل الكهربائي الجزئي لكلوريد الصوديوم الموجود في مياه البحر الخام.

$$NaOCl \rightarrow NaCl + O$$

عندما تتدفق مياه البحر بين الأقطاب الكهربائية الأنودية والكاثودية، يتم تنشيطها بواسطة تيار مباشر في الخلية (المحلل الكهربائي)، تحدث تفاعلات كيميائية في مياه البحر بين أقطاب المحلل الكهربائي. وبتمرير تيار مباشر خلال محلول مائي من أيونات كلوريد الصوديوم، والذي يتفكك تمامًا إلى أيونات الصوديوم +Na وأيونات الكلوريد -Cl، تحدث تفاعلات مختلفة على النحو التالي:

أ. التفاعلات الكهروكيميائية (التحليل الكهربائي لمحلول كلوريد الصوديوم):

1. يتم توليد الكلور الحر عند الأنود:

$$2\ Cl^-_{(aq)} \rightarrow Cl_{2\ (g)} + 2\ e^- \qquad \text{(تفاعل أكسدة Oxidation)}$$

2. ينتج الهيدروجين عند الكاثود مع تكوين أيونات الهيدروكسيد المقابلة:

$$2\ H_2O_{(l)} + 2\ e^- \rightarrow H_{2(g)} + 2\ OH^-_{(aq)} \qquad \text{(تفاعل اختزال Reduction)}$$

التفاعل الكهروكيميائي الإجمالي هو:

$$2\ Cl^-_{(aq)} + 2\ H_2O_{(l)} \rightarrow Cl_{2\ (g)} + H_{2(g)} + 2\ OH^-_{(aq)} \qquad \text{(التفاعل الأيوني)}$$

$$2NaCl_{(aq)} + 2\ H_2O_{(l)} \rightarrow Cl_{2\ (g)} + H_{2(g)} + 2\ NaOH_{(aq)} \qquad \text{(التفاعل الجزيئي)}$$

مع ملاحظة إن الصوديوم +Na أصعب اختزالا من الماء لذلك يبقى في المحلول دون تغيير يذكر وبناء على ذلك يحدث اختزلا للماء بكل سهولة. وفي المقابل نجد إن الكلور -Cl أسهل أكسدة من الماء لذلك يحدث له عملية أكسدة ويتضح ذلك من المعادلات أعلاه. وتعتبر هذه الطريقة مصدرا مهما لإنتاج غاز الهيدروجين والكلور معا.

ب. التفاعل الكيميائي المصاحب للعملية:

1. تنتقل أيونات -OH من منطقة الكاثود وتتفاعل مع Cl2:

$$2\ OH^- + Cl_2 \rightarrow ClO^- + Cl^- + H_2O$$

ج. التفاعل الكهروكيميائي والكيميائي الشامل:

1. الشكل الأيوني:

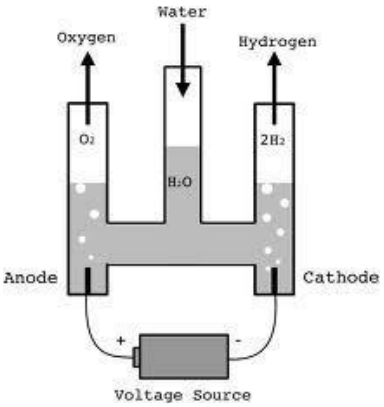
$$2\ Cl^- + 2\ H_2O \rightarrow ClO^- + Cl^- + H_2O + H_2$$

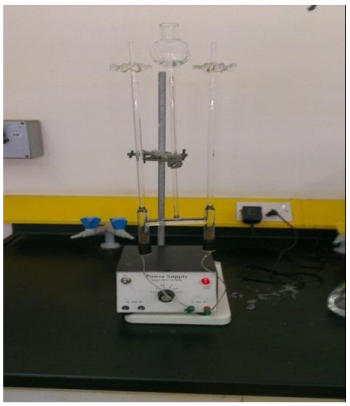
2. الشكل الجزيئي:

$$2\ NaCl + 2\ H_2O \rightarrow NaOCl + NaCl + H_2O + H_2$$

وتنفيذا لتعليمات الأمان المتبعة بالمحطة يتم تخفيف الهيدروجين بالهواء عن طريق مراوح خاصة تسمى مراوح التخفيف (Dilution fans) بقدرة 1600 متر مكعب هواء / ساعة من أجل تقليل تركيز الهيدروجين إلى أقل من 2 بالمائة فورًا عند فصله عن السائل في خزان تجميع الهيبوكلوريت لتفادى أي أخطار ممكنة في حال توفر ظروف الاشتعال.

ثانيا: - إنتاج الهيدروجين في المختبر بطريقة التحليل الكهربائي (خلية هوفمان):





شكل (2): جهاز خلية هوفمان لإنتاج الهيدروجين بالتحليل الكهروكيميائي للمياه*[13]*

وصف التحليل الكهروكيميائي للماء:-

1)- عند الكاثود Cathode (القطب السالب):

تنجذب الأيونات الموجبة نحو الكاثود، ويحيط بكل أيون مجموعة من جزيئات الماء. تنفصل بعض جزيئات الماء إلى أيون +H وأيون -OH تتحد أيونات +H مع الإلكترونات من القطب وتصبح ذرات الهيدروجين (H+). ثم يتجمعون معا في أزواج وتتجه إلى سطح الماء على شكل جزيئات الهيدروجين (H2) لتكوين جزيئين من H2 حسب التفاعل التالي:

$$2H_2O + 2e^- \Longrightarrow 2H_2 + 2OH^-$$

2)- عند الأنود Anode (القطب الموجب):

تنجذب الأيونات السالبة (-OH) إلى القطب الموجب (الانود)، ويحيط بكل أيون مجموعة من جزيئات الماء. تنفصل بعض جزيئات الماء إلى أيون O-2 وأيونات 2H+. يتم تجريد الإلكترونين الإضافيين من كل أيونO-2 بواسطة الأنود ويصبحان ذرات أكسجين (O). ثم تتجمع ذرات الأكسجين معًا في أزواج وتنتقل إلى سطح

الماء على شكل جزيئات الأكسجين (O2). تنجذب الإلكترونات الأربعة التي يلتقطها القطب الموجب إلى مصدر الجهد. سوف تتحد أيونات+H المتبقية حول الأيونات السالبة في النهاية مع أيونات-OH المتبقية حول الأيونات الموجبة لتكوين جزيئات الماء. لذلك، يتم كتابة التفاعل عند هذا القطب حسب التفاعل التالي:

$$2H_2O \Longrightarrow O_2 + 4H^+ + 4e^-$$

1- تأثير الجهود المختلفة المطبقة لإنتاج الهيدروجين من مياه البحر باستخدام قطب الجرافيت:

تم دراسة تأثير الجهد المطبق المختلف على إنتاج الهيدروجين باستخدام التحليل الكهروكيميائي لمياه البحر، ويبين الجدول (3) تأثير الجهد المطبق المختلف 5، 10، 15، 20، 25 و30 فولت على معدل إنتاج الهيدروجين لمدة 120 دقيقة باستخدام قطب الجرافيت.

الجدول (3): يوضح حجم غاز الهيدروجين الناتج من التحليل الكهروكيميائي لمياه البحر باستخدام جهد يتراوح بين 5 و30 فولت لمدة 120 دقيقة باستخدام قطب الجرافيت.

Time (min)	Volume H_2 (ml) **5V**	Volume H_2 (ml) **10V**	Volume H_2 (ml) **15V**	Volume H_2 (ml) **20V**	Volume H_2 (ml) **25V**	Volume H_2 (ml) **30V**
5	0.6	1.5	4.6	9.5	11.6	13.9
10	1.2	3	9.2	19	23.3	27.8
15	1.8	4.5	13.8	28.5	34.9	41.7
20	2.4	6	18.4	38	46.6	50.4
25	3	7.5	23	47.5	48.9	
30	3.6	9	27.6	49.4		
35	4.2	10.5	32.2			
40	4.8	12	36.8			
45	5.4	13.5	41.4			
50	6	15	46			
55	6.6	16.5	**50.6**			
60	7.2	18				
65	7.8	19.5				
70	8.4	21				
75	9	22.5				
80	9.6	24				
85	10.2	25.5				
90	10.8	27				
95	11.4	28.5				
100	12	30				
105	12.6	31.5				
110	13.2	33				
115	13.8	34.5				
120	14.4	36				

2- تأثير الجهود المختلفة المطبقة لإنتاج الهيدروجين من مياه البحر باستخدام قطب البلاتين:

يبين الجدول (4) تأثير الجهد المطبق المختلف (من 5 إلى 30 فولت) على معدل إنتاج الهيدروجين (حجم غاز الهيدروجين) الناتج من التحليل الكهروكيميائي لمياه البحر لمدة 120 دقيقة باستخدام قطب البلاتين.

الجدول (4): يوضح حجم غاز الهيدروجين الناتج من التحليل الكهروكيميائي لمياه البحر باستخدام جهد يتراوح بين 5 و 30 فولت لمدة 120 دقيقة باستخدام قطب البلاتين.

Time (min)	Volume H_2 (ml) **5V**	Volume H_2 (ml) **10V**	Volume H_2 (ml) **15V**	Volume H_2 (ml) **20V**	Volume H_2 (ml) **25V**	Volume H_2 (ml) **30V**
5	0.8	1.2	2.4	3.1	4.3	5.5
10	1.6	2.4	4.8	6.3	8.6	11
15	2.4	3.6	7.2	9.4	12.9	16.5
20	3.2	4.8	9.6	12.6	17.2	22
25	4	6	12	15.7	21.5	27.5
30	4.8	7.2	14.4	18.9	25.8	33
35	5.6	8.4	16.8	22	30.1	38.5
40	6.4	9.6	19.2	25.2	34.4	44
45	7.2	10.8	21.6	28.3	38.7	50
50	8	12	24	31.5	43	
55	8.8	13.2	26.4	34.6	47.3	
60	9.6	14.4	28.8	37.8	50	
65	10.4	15.6	31.2	40.9		
70	11.2	16.8	33.6	44.1		
75	12	18	36	47.2		
80	12.8	19.2	38.4	50		
85	13.6	20.4	40.8			
90	14.4	21.6	43.2			
95	15.2	22.8	45.6			
100	16	24	48			
105	16.8	25.2	50			
110	17.6	26.4				
115	18.4	27.6				
120	19.2	28.8				

3- تأثير الجهود المختلفة المطبقة لإنتاج الهيدروجين من عينات ماء مقطر ومحاليل مائية أخرى باستخدام **قطبي الجرافيت والبلاتين:**

يوضح الجدول (5) تأثير الجهود المطبقة المختلفة (من 5 إلى 30 فولت) على معدل إنتاج الهيدروجين الناتج من التحليل الكهروكيميائي لمياه البحر وعينات ماء مقطر (Control) ومحاليل مائية من كلوريد الصوديوم (NaCl) وهيدروكسيد البوتاسيوم (KOH) وحامض الهيدروكلوريك (HCl) خلال زمن ساعة واحدة باستخدام قطبي الجرافيت (G) البلاتين (P).

الجدول (5): يوضح حجم غاز الهيدروجين (مل) الناتج من التحليل الكهروكيميائي (جهاز خلية هوفمان) لعينات مياه البحر وماء مقطر (Distilled water) ومحاليل مائية أخرى مضافة (HCl - KOH - NaCl) وذلك باستخدام جهد يتراوح بين 5 و 30 فولت خلال زمن (ساعة) باستخدام قطب الجرافيت (G) وقطب البلاتين (P).

المعاملة	Volume H_2 (ml) **5V**		Volume H_2 (ml) **10V**		Volume H_2 (ml) **15V**		Volume H_2 (ml) **20V**		Volume H_2 (ml) **25V**		Volume H_2 (ml) **30V**	
	G	P	G	P	G	P	G	P	G	P	G	P
Control (Distilled water)	N.d	N.d	N.d	N,d	N.d	N,d	N.d	N,d	N.d	N,d	N.d	N,d
Control (Distilled water) + NaCl / 0.05 M	18	9.2	33.6	14.4	50	25.4	50	35.8	50	46	50	50
Control (Distilled water) + KOH / 0.05 M	N.d	N,d	1.6	2.2	3	4.2	7	8.4	10	9.4	14.4	10.6
Control (Distilled water) + HCl / 0.05M	50	28	50	40	50	45	50	50	50	50	50	50

N.d : not detectable at level of 1 ml.

يزداد معدل إنتاج الهيدروجين أوميًا (وفقًا لقانون أوم) مع زيادة الجهد في مياه البحر الطبيعية والصناعية. ومع ذلك، فإن معدل الزيادة عند قيم جهد منخفضة، مثلاً من 5 إلى 15 فولت، يكون بطيئًا نسبيًا، نظرًا لاعتماد معدل الإنتاج على كثافة التيار. عند الجهد العالي (15 فولت فأكثر)، لا تؤثر الموصلية الابتدائية على كثافة التيار، ويتصرف المحلول كمقاومة، بينما تنخفض المقاومة عند ارتفاع نسبة المواد الصلبة الذائبة الكلية (TDS)، وبالتالي، فإن زيادة مستوى الملوحة تؤدي إلى زيادة متناسبة في إنتاجية الهيدروجين، كما يتضح من النتيجة في الجدولين (3) و (4). يُعد التحليل الكهربائي إحدى الطرق المُعترف بها لإنتاج المواد الكيميائية من حالتها الطبيعية. وينطبق هذا على إنتاج الهيدروجين من الماء.

ويُستخدم الماء المالح (وخاصةً مياه البحر) كمادة خام لإنتاج الهيدروجين بالتحليل الكهربائي. كشفت الدراسة أن إنتاج الهيدروجين يزداد تدريجيًا مع الجهد المطبق، كما هو موضح في الجداول (3و 4 و 5). المحلول الملحي هو محلول من كلوريد الصوديوم (NaCl) والماء (H2O). تتضمن عملية التحليل الكهربائي استخدام تيار كهربائي لإحداث تغيير كيميائي وإنتاج مواد كيميائية جديدة. يُعد التحليل الكهربائي للمحلول الملحي عملية واسعة النطاق تُستخدم لتصنيع الكلور من الملح. يتم الحصول على مادتين كيميائيتين مفيدتين أخريين خلال العملية، وهما هيدروكسيد الصوديوم (NaCl) والهيدروجين (2H). ربما يعود سبب استغراق الماء وقتًا طويلاً للتحلل إلى قوة الروابط بين الهيدروجين والأكسجين، مما يتطلب طاقة كبيرة لفصلهما (ومن هنا جاء طول الوقت). ولأن الماء جزيء تساهمي قطبي، فإن ذرات الهيدروجين تحمل شحنات موجبة جزئية، بينما تحمل ذرات الأكسجين شحنة سالبة جزئية. نستنتج أن التركيز الكهربائي العالي (أعلى من 15 فولت) ليس مفيدًا لإنتاج الهيدروجين لفترة طويلة دون تدمير قطب الجرافيت. وكشفت الدراسة أن إنتاج الهيدروجين يزداد تدريجيا مع زيادة في الجهد. قد يكون ذلك بسبب كمية التيار المار، والتي تعتمد على توصيل الأقطاب الكهربائية وتركيز الإلكتروليت. من منظور آخر، ترجع زيادة انطلاق الهيدروجين في التركيز الإلكتروليتي المتزايد إلى عدد أكبر من الاصطدامات الأيونية الفعالة لكل وحدة زمنية. يؤثر حمض الهيدروكلوريك على الكربون السطحي لمادة الجرافيت ويؤدي إلى تحول المحلول الكهربائي إلى ملاط أسود.

التوصيات:

1. السعي لإمتلاك هذا النوع من الوقود (الهيدروجين الاخضر) كوننا نمتلك أهم مصادر الإنتاج وهي مياه البحر الابيض المتوسط من خلال تقنيات التحليل الكهروكيميائي لمياه البحر المتوفرة بمحطات التحلية على طول الساحل الليبي.
2. ضرورة تبني الدولة وأصحاب القرار في ليبيا تنفيذ مشروعات واعدة ومتطورة تدعم محطات تحلية مياه البحر العاملة في ليبيا، وذلك لاستغلال غاز الهيدروجين المنتج خلال مرحلة التحليل الكهروكيميائي. وهذا سوف يوفر الجهد والوقت لإيجاد مصادر طاقة بديلة يكون الوقود الأخضر (الهيدروجين) واحداً منها. يسهم في تنويع مصادر الدخل الوطني في ليبيا.
3. تشجيع الباحثين والعلماء في الجامعات الليبية والمؤسسات التعليمية والمركز البحثية ذات الصلة بالطاقات المتجددة لإيجاد مصادر للطاقة يكون الوقود الأخضر فيها خيارًا واعدًا كمصدر آمن ومستدام للطاقة البديلة من البحر.
4. التشجيع على إنتاج واستخدام الهيدروجين الأخضر كطاقة واعدة في المستقبل.

المراجع:

AFHYPAC - IFPEN. (2011). *Production d'hydrogène à partir des procédés de reformage et d'oxydation partielle, mémento de l'hydrogène* (Fiche 3.1.1).

AFHYPAC - IFPEN. (2019). *Production d'hydrogène par électrolyse de l'eau, mémento de l'hydrogène* (Fiche 3.2.1).

Bailleux, C., & Clément, P. (1989). *L'hydrogène révolutionnaire*. Direction des Études et Recherches, Électricité de France (EDF).

CEA. (2004). *Le soleil de l'étoile à l'énergie domestique*. Commissariat à l'Énergie Atomique.

Hidrogeno y pilas de combustible. (2004). Universidad Complutense de Madrid. http://www.ucm.es/info/fisatom/docencia/masterfisica/aplicaciones/hidrogeno%20y%20pilas%20de%20combustible.ppt

Imperiyka, M. H., Rahuma, M. N., & Iman, E. A. (2017). Hydrogen production using Mediterranean sea water of Benghazi shore and synthetic sea water electrolysis. *Academic Journal of Chemistry, 2*(1), 8–15.

Khemais, M. B. M. (2018). *Etude de la nature d'eau d'El Oued sur l'électrolyse* [Master's thesis]. Université Echahid Hamma Lakhdar d'El-Oued.

Oualid, M. (2009). *Production de l'hydrogène à partir des énergies renouvelables* [Master's thesis]. Université Abou Bekr Belkaid de Tlemcen.

Saadi, O., Fares, A., & Alhendawi, R. A. M. (2008). *Introduction to natural resources in the world with particular reference to Africa*. Omar Al-Mukhtar University.

Sahli, M. (2010). *Etude de la production d'hydrogène par électrolyse et pile à combustible* [Master's thesis]. Université Mentouri de Constantine.

Sidem. (2002). *Operation manual for the chlorine plant* (Vol. 1). Sidem Company.

Yepez-Madrigal, A. J., Sosa-Villalobos, C. A., & Domínguez-Sánchez, G. (2024). Production of hydrogen through seawater electrolysis using an experimental prototype. *Rasayan Journal of Chemistry, 17*(2), 466–471.

Yuvaraj, A. L., & Santhanaraj, D. (2013). A systematic study on electrolytic production of hydrogen gas by using graphite as electrode. *Materials Research, 17*(1), 83–87.

Zeng, K., & Zhang, D. (2010). Recent progress in alkaline water electrolysis for hydrogen production and applications. *Progress in Energy and Combustion Science, 36*(3), 307–326.

Zhang, W., Wei, Y., Li, J., & Xiao, H. (2024). Harvesting energy from marine: Seawater electrolysis for hydrogen production. *Fuel, 377*(1), 132782.

Electrochemical comparison of hydrogen gas production from seawater with other water sources: a case study from the seawater desalination plant in Tobruk, Libya

Sasi Magdy Askar[1], Mohamed Riziq Abubakar[2], Imperika Mohamed Saleh[3], Galal M. Elmanfi [4] and Ramadan A. Alhendawi [1]

[1.] Department of Natural Resources, Faculty of Natural Resources and Environmental Sciences, Omar Al-Mukhtar University - Al-Bayda – Libya

[2.] General Company for Seawater Desalination – Seawater Desalination Plant, Tobruk, Libya

[3.] Department of Chemistry, Faculty of Arts and Sciences, University of Kufra, Libya

[4] Department of Chemistry, Faculty of Science, Omar Al-Mukhtar University, Al-Bayda, Libya

Abstract

This study aimed to evaluate the production of hydrogen gas via the electrochemical analysis of seawater and various types of water using multiple electrodes, including graphite and platinum electrodes, within a Hoffman cell system and using different electrical voltages (5, 10, 15, 20, 25, and 30 V) at a constant current of 1 A (Ampere) for

two hours. Although, hydrogen production readings were recorded from the electrolyzer at the seawater desalination plant in Tobruk, Libya, during the chlorine production phase. Several analytical tools and techniques were used to measure the chemical and physical properties of the solutions under study. The aim was to study the effect of the concentration of some aqueous solutions on the volume of hydrogen gas produced. The results showed that the volume of hydrogen gas production generally increases with increasing electrical voltage. The highest volume of hydrogen production was recorded using the electrochemical analysis technique, reaching 50.6 ml in 55 minutes at an electrical voltage of 15 volts in seawater, compared to other aqueous solutions added to distilled water (DW) individually at a concentration of (0.05 M), namely sodium chloride (NaCl), potassium hydroxide (KOH), and hydrochloric acid (HCl). This indicates that the high ionic conductivity of seawater reflects a high hydrogen production. In addition, a comparison of the hydrogen production rate between laboratory electrochemical analysis and the chlorine production process at the Tobruk desalination plant showed that the amount of hydrogen produced increases with increasing both the current (amperes) and electrical voltage (volts) in both systems in seawater. In conclusion, the results of this study demonstrate that seawater represents an economical and effective source for producing hydrogen gas, making it a promising option as a safe and sustainable alternative energy source that contributes to diversifying sources of income and supporting economic development in Libya.

Keywords: Electrochemical analysis; hydrogen production; applied potential; desalination plant; Hoffman cell.

The First Scientific Conference of the Faculty of Science – Sirte University
Environmental Pollution and Challenges of Environmental Sustainability (EPESC), Oct.14, 2025

الأمن البيئي في ظل تطور الذكاء الاصطناعي واستخدامه في منظومة أسلحة الدمار الشامل: دراسة في ضوء القانون الدولي العام

أ. آمنــة رمضان علي

قسم الدولي العام، كلية القانون، جامعة سرت، ليبيا

Corresponding Author Email: amna.ramadan@su.edu.ly

Article History:

Received: 22 March 2025

Revised: 15 July 2025

Published: 15 November 2025

الكلمات المفتاحية:

الأمن البيئي؛ الذكاء الاصطناعي؛ القانون الدولي العام؛ منظومات أسلحة الدمار الشامل.

ملخص البحث:

تشهد البيئة العالمية تهديدات متصاعدة نتيجة تطور الذكاء الاصطناعي وتطبيقاته في المجال العسكري، ولا سيما عند دمجه في منظومات أسلحة الدمار الشامل. تهدف هذه الدراسة إلى تحليل الأبعاد القانونية والبيئية المترتبة على هذا التوظيف المتقدم، وتسليط الضوء على التحديات التي يفرضها على منظومة الأمن البيئي الدولي، في ظل قصور الأطر القانونية التقليدية عن مواكبة هذا التطور التكنولوجي المتسارع.

تعتمد الدراسة على المنهج التحليلي-الاستنباطي، من خلال دراسة النصوص القانونية الدولية ذات الصلة، وتحليل التهديدات البيئية الناشئة عن الاستخدام العسكري للذكاء الاصطناعي، وربطها بمبادئ القانون الدولي العام، وبخاصة تلك المتعلقة بحماية البيئة أثناء النزاعات المسلحة.

توصلت الدراسة إلى أن إدماج الذكاء الاصطناعي في أسلحة الدمار الشامل يشكل خطراً غير مسبوق على النظم البيئية، بالنظر إلى صعوبة التنبؤ بسلوك هذه الأنظمة وقدرتها على اتخاذ قرارات مستقلة، مما يقوض مبدأ التناسب والتمييز في القانون الدولي الإنساني، ويضاعف احتمالية حدوث كوارث بيئية عابرة للحدود. كما تبرز الدراسة غياب تنظيم دولي ملزم يواكب التطور التقني المتسارع في هذا المجال.

وتخلص الدراسة إلى ضرورة تطوير إطار قانوني دولي خاص بتنظيم استخدام الذكاء الاصطناعي في المجال العسكري، يراعي الأبعاد البيئية والإنسانية، ويعزز من أدوات الرقابة الدولية والشفافية، بما يحقق توازناً بين التقدم التكنولوجي والحفاظ على أمن البيئة العالمية.

المقدمة

تشكل العلاقة بين تطور الذكاء الاصطناعي ومنظومات أسلحة الدمار الشامل إشكالية متعددة الأبعاد: بين الحاجة إلى التقدم التكنولوجي وأولوية حماية البيئة واستقرارها. وفق تقرير برنامج الأمم المتحدة للبيئة، تتحمل النزاعات المسلحة مسؤولية تدمير 25% من مواطن التنوع البيولوجي سنوياً وتلوث 15% من مصادر المياه العذبة. يرى بعض الباحثين (القاضي، 2021؛ عبد الرحمن، 2022) أن بنود اتفاقيات جنيف ولائحة لاهاي لا تغطي استخدام الذكاء الاصطناعي العسكري بصورة كافية، في حين يرى آخرون (سميث، 2019؛ جونسون، 2020) أن المبادئ العامة للقانون الإنساني كفيلة بمعالجة ذلك إذا وُفرت آليات تطبيق فعالةو تحليل مدى فاعلية أطر القانون الدولي العام في تنظيم استخدام الذكاء الاصطناعي بأسلحة الدمار الشامل، واقتراح فرضيات لإطار قانوني جديد.

مشكلة الدراسة

إلى أي مدى تواكب القواعد الصريحة وغير الصريحة في القانون الدولي العام التطورات السريعة لتقنيات الذكاء الاصطناعي في منظومات أسلحة الدمار الشامل، وما الأثر البيئي المترتب على هذا الفجوة التشريعية؟

أهداف الدراسة

1. تقييم كفاية القانون الدولي العام في تنظيم استخدام الذكاء الاصطناعي بأسلحة الدمار الشامل لحماية البيئة.
2. تحليل المصادر القانونية الدولية الحالية ذات الصلة.
3. قياس المخاطر البيئية الناجمة عن استخدام منظومات ذكية في الأسلحة.
4. استكشاف تجارب دولية ونماذج قائمة لتقييم أثر الذكاء الاصطناعي العسكري.
5. اقتراح إطار قانوني جديد يتضمن آليات رقابية وتقييم بيئي إجباري.

أهمية الدراسة

يقدم البحث إسهاماً في:

- تطوير التشريع الدولي بشأن الذكاء الاصطناعي العسكري ضمن محور حماية البيئة.
- توفير قاعدة علمية صلبة لصانعي القرار والجهات التشريعية والأمنية والبيئية.
- دعم جهود المنظمات الدولية (أمم متحدة، الصليب الأحمر) في صياغة بروتوكولات محدثة.

الدراسات السابقة ذات الصلة

3. زاكاري سلون وآخرون (مجلة جورجتاون للقانون، 2020) يجادلون بأن مفهوم "الرقابة البشرية الفعالة" يجب إعادة صياغته في ظل أنظمة التعلم الآلي، ويقترحون إنشاء إجراءات قانونية وقائية لضمان حماية البيئة والمدنيين.
4. ورقة بحثية (المجموعة الأوروبية للسلام، 2022) عن تقييم أثر نظم الاستهداف الذكية على المدنيين والبيئة.
5. رسالة دكتوراه (الإخوة منصور، 2021) حول القواعد الإنسانية والبيئية في القانون الدولي في ظل تكنولوجيا الحرب المستقلة.

منهجية البحث

- نوع المنهج :تحليلي–استنباطي واستقرائي–مقارن.
- إجراءات الدراسة :مراجعة صكوك جنيف وبروتوكولات لاهاي، تحليل تقارير الصندوق الدولي للطبيعة وبرنامج الأمم المتحدة للبيئة، ومسح بيانات عن حوادث اختبار أسلحة ذكية.

الإطار النظري:

المبحث الأول: موقف القانون الدولي من حماية الأمن البيئي في ظل تطور الذكاء الاصطناعي واستخدامه في أسلحة الدمار الشامل و آثاره

يشكل تطور الذكاء الاصطناعي واستخدامه في أنظمة أسلحة الدمار الشامل تحديًا غير مسبوق للأمن البيئي العالمي. ويثير هذا الواقع تساؤلات جوهرية حول مدى كفاية قواعد القانون الدولي في التصدي للمخاطر البيئية الناجمة عن هذه التقنيات. من هنا تبرز أهمية تحليل موقف القانون الدولي من حماية البيئة في ظل هذا التطور التكنولوجي المتسارع يتناول هذا المبحث الامن البيئي في ظل تطور الذكاء الاصطناعي واستخدام في أسلحة الدمار الشامل في المطلب الأول بينما يتناول المطلب الثاني، موقف القانون الدولي من استخدام الذكاء الاصطناعي في أسلحة الدمار الشامل.

المطلب الأول: الأمن البيئي في ظل تطور الذكاء الاصطناعي واستخدامه في أسلحة الدمار الشامل

يُعد الأمن البيئي من المفاهيم الحديثة نسبيًا في أدبيات القانون الدولي، وقد أصبح عنصرًا لا يمكن تجاهله في بنية الأمن الشامل، نظرًا لما يشكله من ضمانة لاستمرار الحياة على كوكب الأرض، يجمع الأمن البيئي Security " Environmental" بين مفهوم الأمن و البيئة و مفهوم الامن في اللغة هو مضاد الخوف و الفزع ، فهو يعني الطمأنينة و الاطمئنان إلى عدم وقع المكروه (عمار ،2002م، ص،ص9،-13) ، و مفهوم البيئة لغة مشتق من الفعل بوأ أو تبوأ و يعني نزل أو حل أو أقَام (الشيخلي ، 2009م، ص26) و التبوء هو الحلول و النزول و السكن، و منه يمكن القول أن البيئة هي المحل و المنزل إذا هي مسكن الإنسان (بيج ، 2010م، ص 9).

واصطلاحاً يقصد به المحافظة على سلامة النظم البيئية والتنوع الحيوي والموارد الطبيعية من التهديدات المختلفة، سواء كانت طبيعية أو ناتجة عن النشاط البشري.

وفي ظل التغيرات المناخية، والتلوث، والنزاعات المسلحة، ازدادت الحاجة إلى تعزيز هذا المفهوم ضمن المنظومة القانونية الدولية لقد بات من المؤكد أن أي تهديد للأمن البيئي لا يؤثر فقط على النظم الإيكولوجية بل يمتد ليشمل صحة الإنسان، والاستقرار الاقتصادي، والسلم المجتمعي، وفي هذا السياق، فإن استخدام تقنيات حديثة مثل الذكاء الاصطناعي (Artificial Intelligence - AI) في تطبيقات عسكرية يحمل في طياته إمكانيات مدمرة إذا ما تم تسخيرها في منظومات تسليحية كبرى مثل أسلحة الدمار الشامل (لمياء محمد عبدالسلام ، 2024م، ص 26) لقد عرف العديد من الكتاب والباحثين الذكاء الاصطناعي، من بينهم" : Levin الذكاء الاصطناعي هو الطريقة التي يصبح ا الحاسب مفكرا بذكاء. (سليمة- حفيظة،2023م، ص99).

ان إدماج الذكاء الاصطناعي في هذه المنظومات يزيد من فاعليتها وتدميرها، ويُصعّب التنبؤ بعواقب استخدامها، كما يعزز من احتمالات استخدام هذه الأسلحة في سياقات غير تقليدية أو دون إشراف بشري مباشر، ما يزيد من تهديدها

المباشر للأنظمة البيئية ويفاقم الأثر التراكمي لتدمير الموارد الطبيعية بشكل لا يمكن استرجاعه بسهولة (صلاح ،2010م، ص 107-108).

ان الذكاء الاصطناعي، باعتباره ثمرة الثورة الرقمية المعاصرة، أصبح عنصرًا محوريًا في التحديث العسكري، حيث يُوظّف في أنظمة التحكم، والتوجيه، والاستهداف، والتقدير الاستخباراتي، وحتى اتخاذ القرار العسكري. وتمتاز هذه الأنظمة بسرعتها ودقتها العالية، إضافة إلى قدرتها على العمل باستقلالية نسبية عن التدخل البشري. غير أن هذه القدرات التقنية، حين تُقرن بأسلحة دمار شامل مثل الأسلحة النووية أو البيولوجية أو الكيميائية، فإنها تنتج قوة تدميرية هائلة يصعب ادراك عواقبها أو التحكم في مسارها (مسعد، 2024م، الفقرة 4) .

فعلى سبيل المثال، قد يؤدي استخدام الذكاء الاصطناعي في أنظمة إطلاق الصواريخ النووية إلى تسريع عمليات الرد العسكري بناءً على خوارزميات تحليلية قد تخطئ التقدير أو تُستغل عبر هجمات إلكترونية، مما يهدد بإشعال نزاعات نووية غير مقصودة. كما أن استخدام الذكاء الاصطناعي في تطوير أسلحة بيولوجية أو كيميائية قد يعزز من فاعليتها وانتشارها دون أن يراعي الاعتبارات الإنسانية أو البيئية، إذ قد يتم اختيار أهداف بيئية استراتيجية كمصادر المياه أو الغابات بهدف إضعاف الخصم، ما يؤدي إلى كوارث بيئية طويلة الأمد.

كما الدمار البيئي الناتج عن هذه الأسلحة لا يقف عند حدود جغرافية معينة، بل يمتد ليطال البيئة العالمية، مما يهدد الأمن البيئي العالمي ككل. فالإشعاعات الناتجة عن الأسلحة النووية تؤثر على التربة والمياه والهواء لعقود، في حين أن الأسلحة البيولوجية قد تخلق أوبئة جديدة تهدد حياة الإنسان والحيوان والنبات، والأسلحة الكيميائية تترك آثارًا مميتة على الصحة العامة والنظم البيئية.

المطلب الثاني: موقف القانون الدولي من استخدام الذكاء الاصطناعي في أسلحة الدمار الشامل.

ان تحليل موقف القانون الدولي الإنساني من استخدام الأسلحة محل الدراسة، والوقوف على مدى قابلية قواعده للتنفيذ، يستلزم التعمق في دراسة المبادئ الأساسية التي يقوم عليها هذا القانون، سواء تلك التي نشأت عبر العرف الدولي، أو التي تم تدوينها ضمن الصكوك والمعاهدات الدولية. ومن بين هذه المبادئ ما يُسهم في فرض قيود قانونية على حرية أطراف النزاع في اختيار وسائل وأساليب القتال، بما يمنع الاستخدام العشوائي أو غير المنضبط لتلك الوسائل، وذلك في إطار مبدأ "تقييد حرية اختيار وسائل وأساليب القتال"، الذي يُجسّد بدوره مبدأ التمييز بين الأهداف المشروعة وغير المشروعة، ومبدأ حظر إلحاق المعاناة غير الضرورية بالأشخاص أو الأعيان المحمية. (الفتلاوي ، 2013م، ص25) .

تؤكد التقارير الحديثة الصادرة عن منظمات كالأمم المتحدة واللجنة الدولية للصليب الأحمر أن إدماج الذكاء الاصطناعي في التسليح، دون وجود حوكمة قانونية واضحة، يمثل تهديدًا غير مسبوق للبيئة، وأن غياب الشفافية والمساءلة في تطوير واستخدام هذه الأنظمة قد يؤدي إلى تجاوزات جسيمة في حقوق الإنسان وتخريب النظم الإيكولوجية. (اللجنة الدولية للصليب الأحمر، 2010، الفقرة 5) .

ومما يزيد من خطورة هذه التطورات أن الأطر القانونية الدولية الحالية، وعلى رأسها اتفاقيات نزع السلاح، واتفاقية الأسلحة البيولوجية (1972)، واتفاقية حظر الأسلحة الكيميائية (1993)، لا تتضمن تنظيمًا دقيقًا لكيفية استخدام

الذكاء الاصطناعي ضمن هذه الأسلحة، ولا تفرض قيودًا كافية على تطويرها أو نشرها. وهذا الفراغ القانوني يُعد ثغرة حرجة يجب على المجتمع الدولي معالجتها بصورة عاجلة. (الأمم المتحدة 1972، الفقرة الأولى)

ومن هنا، تبرز الحاجة إلى تبني اتفاقيات دولية جديدة أو تعديل الاتفاقيات القائمة لتشمل تنظيم استخدام الذكاء الاصطناعي في السياق العسكري، مع التركيز على حماية البيئة كأولوية قصوى. كما ينبغي إنشاء آليات رقابية دولية لمتابعة الأبحاث والتجارب العسكرية التي تستخدم الذكاء الاصطناعي، وضمان التزام الدول بمبادئ القانون الدولي الإنساني والبيئي.

فيما يتعلق باتفاقية الأسلحة غير الإنسانية، فإنها لا تُعرّف الأسلحة المحظورة على أساس كونها مفرطة الضرر أو عشوائية الأثر فحسب، بل تستند إلى مجموعة من المبادئ العامة. وبناءً عليه، فإن القيود التي تفرضها هذه الاتفاقية تُطبق على أي سلاح يخلّ بالمبادئ الأساسية التي تُشكّل الإطار القانوني لهذه الاتفاقية، بغض النظر عن طبيعته أو تسميته (فرنك، 1990، ص471).

اشتملت ديباجة الاتفاقية على أربع فقرات أساسية تُشكّل مجتمعة قيودًا عامة على استخدام الأسلحة، وذلك من خلال إرساء المبادئ التالية:

1.حماية المدنيين :التأكيد على المبدأ العام المتعلق بضرورة حماية السكان المدنيين من الآثار الناجمة عن الأعمال العدائية.

2.تقييد حرية اختيار وسائل القتال :الإقرار بأن "حق أطراف النزاع في اختيار وسائل وأساليب القتال ليس حقًا مطلقًا"، بل يجب أن يخضع لضوابط قانونية وإنسانية.

3.حظر الأسلحة المفرطة الألم :منع استخدام الأسلحة، أو القذائف، أو المعدات الحربية التي تُسبب آلامًا مفرطة وغير مبررة.

4.حماية البيئة أثناء النزاعات :حظر استخدام أساليب ووسائل القتال التي قد تُلحق أضرارًا جسيمة بالبيئة، سواء كانت واسعة النطاق، أو طويلة الأمد، أو شديدة التأثير

ومن ثم، فإن هذه المبادئ الواردة في ديباجة الاتفاقية تُعد مبادئ عامة تُطبّق على جميع أنواع الأسلحة، أيًا كان نوعها، بما في ذلك الأسلحة غير التقليدية. ويُستفاد من ذلك ضرورة استنباط قواعد الحماية التي يكرّسها القانون الدولي الإنساني على الأسلحة ذاتية التشغيل، بحيث لا يصح القول إنها خارج نطاق القيود القانونية أو غير خاضعة لأي ضوابط (الفوالي، 2004، ص 462).

في المحصلة، فإن تسليح الذكاء الاصطناعي بأسلحة الدمار الشامل دون تنظيم قانوني فعال لا يشكل تهديدًا للأمن البشري فقط، بل يشكل خطرًا حقيقيًا على مستقبل الحياة على الكوكب، ويقوّض الجهود الدولية الرامية إلى تحقيق التنمية المستدامة وحماية البيئة للأجيال القادمة.

المبحث الثاني: التأثيرات البيئية والإنسانية لاستخدام الذكاء الاصطناعي في منظومات أسلحة الدمار الشامل والإطار قانوني دولي لحماية البيئة من هذه التأثيرات.

تهدف هذه الدراسة إلى استعراض نماذج لحروب دولية تم فيها استخدام أسلحة الدمار الشامل، مع تسليط الضوء على الآثار البيئية الجسيمة التي خلّفتها تلك النزاعات. كما تسعى إلى تحليل الجهود التي بذلها المجتمع الدولي للحد من امتلاك هذه الأسلحة وتخزينها واستخدامها. وتولي الدراسة اهتمامًا خاصًا بالتطورات الحديثة في مجال الذكاء الاصطناعي، لا سيما من حيث دوره في تطوير أنظمة تسليح جديدة قد تُفاقم من المخاطر البيئية وتُعقّد من جهود الرقابة والتنظيم الدولي، ان هذا المبحث قد تناول في المطلب الأول الاثار البيئية والإنسانية لاستخدام أسلحة الدمار الشامل المدعومة بالذكاء الاصطناعي في إطار القانون الدولي العام، أما المطلب الثاني قد تناول نحو إطار قانوني دولي لحماية البيئة من الذكاء الاصطناعي العسكري.

المطلب الأول: الآثار البيئية والإنسانية لاستخدام أسلحة الدمار الشامل المدعومة بالذكاء الاصطناعي في إطار القانون الدولي العام

أحدث أسلحة الدمار الشامل، على اختلاف أنواعها، أضرارًا بالغة ومتفاوتة الخطورة على التوازن البيئي، وذلك نتيجة لما تخلّفه من آثار كارثية تطال مكوّنات البيئة الطبيعية والاصطناعية، بما في ذلك الإنسان نفسه الذي يستخدمها ضد بني جنسه. وتزداد هذه المخاطر تعقيدًا في ظل إدماج تقنيات الذكاء الاصطناعي في أنظمة هذه الأسلحة، مما يعزز من دقة استهدافها وسرعة تنفيذها، لكنه في المقابل يُضاعف من صعوبة التحكم في آثارها المحتملة. وبناءً عليه، ستتناول هذه الدراسة أثر كل نوع من أسلحة الدمار الشامل على البيئة، سواء من خلال تحليل مكوّناتها وما قد تُسببه من نتائج مدمّرة، أو من خلال استعراض نماذج واقعية للأضرار التي نجمت عن استخدامها أو اختبارها في سياقات سابقة، مع إيلاء اهتمام خاص لتأثيرات الذكاء الاصطناعي في مخرجات هذه الأسلحة.

أثار الأسلحة البيولوجية على البيئة:

تشير الأسلحة البيولوجية إلى استخدام كائنات دقيقة، مثل البكتيريا والفيروسات والجراثيم، بهدف التأثير على خلايا الكائنات الحية والتسبب في الأمراض أو الوفاة. وغالبًا ما يؤدي استخدامها إلى تفشي الأوبئة وانتشار الأمراض على نطاق واسع، نظرًا لاحتوائها على عوامل بيولوجية عالية العدوى. ومع تطور تقنيات الذكاء الاصطناعي، أضحى بالإمكان تصميم وتوجيه هذه الأسلحة بدقة أكبر، بل وتحديد الأهداف البيولوجية بناءً على تحليلات بيانات حيوية معقدة، مما يزيد من خطورتها ويُعقّد سبل اكتشافها أو احتوائها، ويُثير تساؤلات قانونية وأخلاقية عميقة بشأن سبل تنظيمها والحد من آثارها (مصباح، 1996، ص 31). وفي عام 1942م القت بريطانيا الجمرة الخبيث على جزيرة (غرينارد) ، على مقربة من ساحل اسكتلندا الغربي، لتجربة استخدامها في الحرب فماتت الحياة البرية فيها وتلوثت الجزيرة بشكل خطير جعلها غير مأمونة، لذا تم إغلاقها، وقاموا بنصب لافتات التحذير من الدخول للجزيرة (لعصيمي، 2016م، ص11).

شهدت السنوات الأخيرة دمج تقنيات الذكاء الاصطناعي ضمن أنظمة الأسلحة، مما أثار مخاوف بشأن استخدامها في سياقات قد تُصنّف كأسلحة دمار شامل .أحد أبرز الأمثلة على ذلك هو استخدام الجيش الإسرائيلي لأنظمة ذكاء اصطناعي مثل "Lavender" و "Gospel"خلال النزاع في غزة .تُستخدم هذه الأنظمة لتحليل البيانات وتحديد الأهداف المحتملة، مما يثير تساؤلات حول دقة الاستهداف واحتمالية وقوع أضرار جانبية جسيمة (الموسوعة الحرة، 2025م، الفقرة الأولى) بالإضافة إلى ذلك، أشار تقرير صادر عن وزارة الأمن الداخلي الأمريكية إلى أن التقنيات الحديثة في مجال الذكاء الاصطناعي قد تُسهّل على الجهات الفاعلة غير الحكومية تصور وتنفيذ هجمات باستخدام أسلحة كيميائية أو بيولوجية أو إشعاعية أو نووية . (لوك بار ، 2024م، الفقرة الأولى)

كما حذر خبراء من أن تطور الأسلحة الذاتية التشغيل، مثل أسراب الطائرات بدون طيار المدعومة بالذكاء الاصطناعي، قد يُحدث تأثيرات مدمرة تُشبه تلك الناتجة عن أسلحة الدمار الشامل، خاصة إذا استُخدمت بشكل غير منضبط. (لجنة الحقوق الدولية، 2024م، الفقرة الأولى) على الرغم من أن الطائرات المسيّرة استُخدمت قبل ذلك في عمليات اغتيال محددة في إطار برامج استخباراتية سرّية، فإن الحرب في ليبيا، وخاصة معركة طرابلس بين عامي 2019 و2020، تُعد أول حالة يوثَّق فيها الاستخدام الواسع والعلني للطائرات المسيّرة كسلاح رئيسي في العمليات العسكرية بين أطراف متنازعة داخل نزاع مسلح غير دولي. وقد برز ذلك من خلال توظيف كل من تركيا والإمارات طائرات مسيّرة بشكل مباشر لدعم قوات محلية، مما مثّل تحولًا في طبيعة الحروب بالوكالة وأسلوب إدارة الصراعات المسلحة (زاكاسي، 2022م، الفقرة الأولى). هذه التطورات تُبرز الحاجة الملحة لوضع أطر قانونية وأخلاقية تنظم استخدام الذكاء الاصطناعي في المجال العسكري، لضمان عدم تفاقم المخاطر البيئية والإنسانية المرتبطة بأسلحة الدمار الشامل .

- أثار استخدام الأسلحة الكيميائية على البيئة.

تُخلّف الأسلحة الكيميائية أضرارًا جسيمة تطال مختلف عناصر البيئة، إذ تؤثر على الإنسان والحيوان والنبات من خلال آليات متعددة للتعرض، مثل الاستنشاق، أو الامتصاص عبر الجلد والعينين، أو التناول الفموي، كما يمكن أن تضر بالنباتات عبر ملامستها للأوراق أو تسربها إلى الجذور عن طريق التربة. ويُعد استخدامها أحد أخطر أشكال التهديد البيئي، نظرًا لقدرتها على إحداث تدمير مباشر للأنظمة البيئية، ومن أبرز الأمثلة التاريخية على الآثار البيئية الكارثية للأسلحة الكيميائية، ما ارتكبه الجيش الأمريكي خلال حرب فيتنام في سبعينيات القرن الماضي، حيث تم استخدام أكثر من خمسين ألف طن من المبيدات الكيميائية، التي رُشّت على مساحة تقارب عشرة آلاف كيلومتر مربع من الغابات والمزارع. وقد أدى ذلك إلى إبادة مساحات واسعة من الأشجار والمزروعات، من خلال استخدام مواد قاتلة للأعشاب، ومثبّطة لنمو النبات، ومواد مجففة وأخرى تعمل على تدمير خصوبة التربة، مما خلّف آثارًا طويلة الأمد على التنوع البيولوجي والزراعة وصحة السكان المحليين (مجلة الجهاد، 2024م، ص 578).

يؤدي استخدام الأسلحة الكيميائية إلى إطلاق مواد سامة تنتقل بسهولة إلى عناصر البيئة المختلفة، سواء عبر المياه أو الهواء. تُستنشَق هذه المواد من قِبل الكائنات الحية، كما تتسرب إلى التربة الزراعية والمسطحات المائية، فتتلوّث الثروات الحيوانية والسمكية، وتنتقل السموم لاحقًا إلى الإنسان عبر الغذاء، مسببة أضرارًا صحية وبيئية جسيمة. ويزداد خطر هذه الأسلحة عند ربطها بأنظمة الذكاء الاصطناعي، التي قد تستخدم في التوجيه الدقيق أو النشر الواسع لمواد كيميائية فتاكة دون إشراف بشري مباشر، مما يعقّد عملية المساءلة ويزيد من احتمالات الكارثة البيئية.

- اثار استخدام الأسلحة النووية.

أما الأسلحة النووية، فإن آثارها المباشرة تشمل ارتفاع درجات الحرارة، الإشعاعات النووية، وتدمير واسع للمظاهر الحياتية في مناطق الانفجار، إلى جانب تلويث الهواء والماء والتربة. وتشمل آثارها بعيدة المدى تشوهات خلقية واضطرابات وراثية تؤثر في الأجيال القادمة، فضلًا عن مساهمتها في اختلال التوازن البيئي وتوسيع ثقب الأوزون. ويُعد قصف مدينتي هيروشيما وناجازاكي عام 1945 مثالًا تاريخيًا يُستند إليه لفهم القوة التدميرية الهائلة لهذه الأسلحة. ومع إدماج تقنيات الذكاء الاصطناعي في تطوير وإدارة الأسلحة النووية، تتعاظم المخاطر المحتملة، خصوصًا فيما يتعلق بالقرارات الذاتية للإطلاق أو تحديد الأهداف، ما قد يؤدي إلى أخطاء كارثية أو استهدافات غير دقيقة، تُفاقم من الأثر البيئي والإنساني لهذه الأسلحة.

المطلب الثاني: نحو إطار قانوني دولي لحماية البيئة من الذكاء الاصطناعي العسكري.

اصبحت الحاجة ملحة لوضع إطار قانوني جديد ينظم استخدام أسلحة الدمار الشامل، نظراً لما تشكله من تهديد بالغ على صحة الإنسان والتوازن البيئي بشكل عام. وقد دفع هذا الخطر المجتمع الدولي إلى اتخاذ مجموعة من التدابير الهادفة إلى الحد من انتشار هذه الأسلحة، ومنع تخزينها أو امتلاكها. ومع التسارع الكبير في تطور تقنيات الذكاء الاصطناعي، يزداد القلق من احتمالية تفويض الأنظمة الآلية باتخاذ قرارات مصيرية تتعلق باستخدام الأسلحة النووية، الأمر الذي يثير مخاوف جدية بشأن الأمن البيئي، واحترام حقوق الإنسان، والاستقرار الدولي.

ويكمن التحدي في أن الذكاء الاصطناعي يتميز بسرعته في اتخاذ القرارات وتحليله لكميات هائلة من البيانات، وهو ما يشكل ميزة في أوقات الأزمات التي تتطلب استجابة فورية. إلا أن هذه الميزة قد تتحول إلى خطر جسيم إذا عجز النظام عن تفسير السياق بدقة، كما في حالات الإنذار الكاذب أو الهجمات السيبرانية1 المصممة لخداع النظام. وفي مثل هذه السيناريوهات، قد يؤدي سوء الفهم إلى إطلاق هجوم نووي عن طريق الخطأ، ما ينجم عنه كارثة إنسانية وبيئية لا يمكن تداركها (سلامة، 2025م، الفقرة الثانية).

غُيب عن القانون الدولي المعاصر وجود معاهدات أو اتفاقيات صريحة تحظر تطوير أو تقنين استخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي في التطبيقات العسكرية، وهو ما يبرز كأحد أهم التحديات القانونية الراهنة. فقد ظهرت هذه التقنيات بعد تأسيس النظام القانوني الدولي القائم، ولم تتناولها نصوص اتفاقيات لاهاي لعامي 1899 و1907، ولا اتفاقيات جنيف الأربع لعام 1949، ولا البروتوكولان الإضافيان لعام 1977. ومن ثم، أصبح من الضروري وضع إطار قانوني جديد لتنظيم استخدام هذه التقنيات في المجال العسكري، وضبط وظائفها ضمن القوات المسلحة أثناء العمليات الحربية، لا سيما وأن هذه الأنظمة لا تلتزم بالمعايير القانونية والإنسانية الدولية التي تفرض التمييز بين الأهداف المدنية والعسكرية عند تنفيذ عمليات الاستهداف.

1 كلمة يونانية تعني التوجيه او التحكم، واصطلاحاً هي أي عمل عدائي يُنفّذ عبر الفضاء الإلكتروني لاستغلال نقاط الضعف في الأنظمة المعلوماتية أو الشبكات أو الأجهزة سرقة أو تعديل أو تدمير بيانات او. تعطيل خوادم أو أجهزة أو تطبيقات. التشويش على الاتصال أو إسقاط الخدمات.

ويُعزى هذا القصور إلى غياب مقاربة قانونية تتأسس على المعايير الأخلاقية، ما أدى إلى نشوء فراغ تشريعي يذكّر بحالة "الطبيعة الأولى" التي ساد فيها الاضطراب وانعدام الضوابط. ومن هنا تبرز الحاجة إلى إخضاع منظومات الأسلحة الذاتية التشغيل لرقابة بشرية مباشرة، تتيح للعنصر البشري التدخل عند الضرورة لإيقاف أو تعديل الأوامر الصادرة عن أنظمة الذكاء الاصطناعي. فبينما يستطيع الإنسان تمييز الأهداف بما يتفق مع أحكام القانون الدولي الإنساني، تعجز الأنظمة المؤتمتة2 عن إدراك الفروق الدقيقة بين الأهداف العسكرية وتلك المدنية المحظور استهدافه (صلاح وأخرون، 2023م، ص 4-5).

يشهد القانون الدولي تحديات متزايدة في التعامل مع الهجمات ذاتية التشغيل، بسبب صعوبة تحديد المسؤول عن تلك الهجمات، ما يعوق إبرام اتفاقيات دولية فاعلة. وتكشف التطورات الحديثة عن قصور القواعد التقليدية في مواكبة تقنيات الذكاء الاصطناعي، مما يفرض ضرورة تطوير أطر قانونية جديدة تستوعب هذه الظواهر. بدأت بعض الدول، مثل فرنسا، اتخاذ خطوات في هذا الاتجاه بإدماج القانون الدولي في الفضاء السيبراني. ويسعى الاتحاد الأوروبي إلى تشريع قانون شامل ينظم الذكاء الاصطناعي، رغم عدم توافقه مع جميع الدول الأعضاء. أما الولايات المتحدة، فترفض مثل هذه التشريعات خشية إعاقة الابتكار، فيما تواصل الصين تقدمها في هذا المجال. وتُعقّد الممارسات الخبيثة من أطراف ثالثة الوضع، خاصة مع تراجع جهود تقييم المخاطر ووضع ضوابط لاستخدام الذكاء الاصطناعي عسكريًا، مما يتطلب تحركًا قانونيًا دوليًا عاجلًا (المرجع السابق، ص5).

النتائج

تتلخص نتائج هذه الدراسة عي عدة نقاط مبينة كالاتي:

1. تأثير النزاعات المسلحة على البيئة :تؤدي الحروب الحديثة، باستخدام أسلحة متطورة، إلى دمار واسع في الأنظمة البيئية والتنوع البيولوجي، ما يهدد الأمن البيئي إقليميًا ودوليًا.

2. الأمن البيئي كجزء من الأمن القومي والدولي :لم تعد الحروب تُقاس فقط بالخسائر البشرية، بل أصبحت آثارها البيئية طويلة الأمد مكونًا أساسيًا في تقييم الأمن القومي والعالمي.

3.قصور القانون الدولي في منع استخدام أسلحة الدمار الشامل :رغم الحظر القانوني، لا يزال التنفيذ الفعلي يعاني من التسييس وغياب الإرادة الدولية، مما يُبقي البيئة عرضة للأذى في النزاعات الكبرى.

4. مخاطر الذكاء الاصطناعي في المجال العسكري :استخدام الذكاء الاصطناعي في تطوير أسلحة ذاتية التشغيل يهدد البيئة بسبب غياب الإشراف البشري، وضعف نظم التمييز، وعدم وجود تقييم بيئي إلزامي.

2 . كلمة انجليزية أصلها لاتيني وتعني ذاتية الحركة واصطلاحا تعني هو أي مجموعةٍ من المكونات المادية والبرمجيات التي تقوم بتنفيذ مهام أو عمليات أو التحكم في أنظمة معينة بحدٍّ أدنى من التدخل البشري المباشر أو من دونه تماماً، عبر رصد بيئتها، واتخاذ قرارات بناءً على منطقٍ مبرمج أو نماذج تعلمٍ آلي، ثم تنفيذ الأفعال المناسبة.

5. الفجوة القانونية في تنظيم الذكاء الاصطناعي العسكري :يفتقر القانون الدولي إلى ضوابط خاصة تحكم استخدام الذكاء الاصطناعي في الأسلحة، لا سيما عند دمجه مع أسلحة دمار شامل، ما يشكل تهديدًا وجوديًا للأمن البيئي العالمي

التوصيات

1. ضرورة تحديث القانون الدولي الإنساني والقانون البيئي الدولي ليشمل تنظيم استخدام الذكاء الاصطناعي في الأسلحة، مع التأكيد على إدراج الأضرار البيئية ضمن المحظورات أثناء النزاعات المسلحة، وإبرام اتفاقيات أو بروتوكولات جديدة تنظم هذا المجال.

2. ضمان الرقابة والمساءلة :إنشاء هيئة مستقلة تحت مظلة الأمم المتحدة لمراقبة استخدام الذكاء الاصطناعي عسكريًا وتقييم الأضرار البيئية، مع صلاحيات للتفتيش وتحميل المسؤولية، وتفعيل دور المحاكم الدولية في محاسبة الأفراد والدول.

3. تعزيز السلامة والشفافية في استخدام الأسلحة الذكية :إلزام الدول بإجراء تقييم بيئي قبل تطوير أو استخدام أي سلاح ذكي، والإبقاء على العنصر البشري في التحكم بهذه الأسلحة لتفادي الكوارث، مع فرض حظر صارم على دمج الذكاء الاصطناعي بأسلحة الدمار الشامل.

4. دعم الأبحاث في قياس الأثر البيئي للأسلحة الذكية وتطوير تكنولوجيا عسكرية صديقة للبيئة، إلى جانب توعية صنّاع القرار والمطورين العسكريين بالقوانين ذات الصلة، وتعزيز التعاون الدولي لتبادل الخبرات ووضع معايير موحدة.

قائمة المراجع

الأمم المتحدة، اتفاقية حظر استحداث وإنتاج وتكديس الأسلحة البكتريولوجية (البيولوجية) والسمية وتدمير تلك الأسلحة. (س.ت).

الفتلاوي، أ. ع. ن .(2013) .مشكلة الأسلحة التقليدية بين جهود المجتمع الدولي والقانون الدولي العام . بيروت: منشورات زين الحقوقية.

الفولي، ح. أ .(2004) .الرأي الاستشاري لمحكمة العدل الدولية بشأن مشروعية التهديد باستخدام الأسلحة النووية أو استخدامها (رسالة دكتوراه غير منشورة). كلية الحقوق، جامعة عين شمس.

الشيخلي، ع. ا .(2009) .حماية البيئة في ضوء الشريعة والقانون (الطبعة الأولى). بيروت: منشورات الحلبي الحقوقية.

العصيمي، ع. م. ح .(2016) .الآثار المدمرة للحرب على البيئة والمبادئ الدولية لحمايتها في ظل النزاعات المسلحة .ورقة مقدمة في مؤتمر البيئة، جامعة نايف العربية للعلوم الأمنية.

الطائرات بدون طيار المدعومة بالذكاء الاصطناعي كأسلحة دمار شامل محتملة. (2024, أبريل 5).Opinio Juris

اللجنة الدولية للصليب الأحمر. (س.ت). موقف اللجنة الدولية من منظومات الأسلحة ذاتية التشغيل .

الـمجلة الدولية للصليب الأحمر .(فنريك، و. ج.) (1990). اتفاقية الأسلحة التقليدية: معاهدة متواضعة لكن مفيدة .المجلة الدولية للصليب الأحمر. - مجلة الاجتهاد للدراسات القانونية والاقتصادية .(2020) . الآثار البيئية لاستعمال أسلحة الدمار الشامل في الحروب الدولية .المجلد 9.

المهدي، م. ص. ط .(2021) .التعليم والتحديات المستقبلية في ضوء فلسفة الذكاء الاصطناعي .مجلة تكنولوجيا التعليم والتعلم الرقمي، كلية التربية – جامعة المنصورة.

الموسوعة الحرة ويكيبيديا، استخدام أنظمة الذكاء الاصطناعي مثل "Lavender" و "Gospel"في النزاع بغزة. (س.ت).https://en.wikipedia.org/wiki/AI-assisted_targeting_in_the_Gaza_Strip .

إيفان زاكانيني وآخرون، (2022م) ماذا لم تحدث الطائرات بدون طيار ثورة في الحرب: مسابقة. (س.ت) MIT .

بايج، إ. (س.ت). ما الهدف من الأمن البيئي؟

جودة، ل. م. ع. س .(2024) .ضوابط استخدام الذكاء الاصطناعي في مجال التسليح .مجلة الدراسات القانونية والاقتصادية، 10.(35)

صلاح وآخرون (2023) دمج الذكاء الاصطناعي في المجال العسكر.

عمارة، م .(2009) .مقومات الأمن الاجتماعي في الإسلام (الطبعة الأولى). القاهرة: مكتبة الإمام البخاري.

سليمة، غ.، & حفيظة، ي .(س.ت). ضبط الإطار المفاهيمي للذكاء الاصطناعي .مجلة التراث، جامعة بومرداس (الجزائر)، 14.

لوك بار (2024) وزارة الأمن الداخلي الأمريكية. (س.ت). تقرير عن خطورة الذكاء الاصطناعي في تسهيل هجمات بأسلحة دمار شامل. ABC News. https://abcnews.go.com/Politics/emerging-ai-technologies-make-easier-bad-actors-conceptualize/story?id=109749169 .

مجلة الدراسات القانونية والاقتصادية .(2024) .المقال 35 .المجلد 10.

مصباح، ع. هـ .(1996) .الأسلحة البيولوجية والكيميائية بين الحرب والمخابرات والإرهاب .القاهرة: الدار المصرية اللبنانية.

سلامة، (س.ت). مخاطر سيطرة الذكاء الاصطناعي .مركز شاف للدراسات المستقبلية .

مسعد، م. (س.ت). القلق من استخدام الذكاء الصناعي لتصنيع الأسلحة البيولوجية والكيميائية .المجلة.

Environmental Security Amid the Development of Artificial Intelligence and Its Use in Weapons of Mass Destruction Systems: A Study in the Light of Public International Law

Amna Ramadan Ali
Department of Public International Law, Faculty of Law, University of Sirte, Sirte, Libya

Abstract

This study examines the growing threats to global environmental security resulting from the integration of artificial intelligence (AI) into military applications, particularly weapons of mass destruction. The research aims to explore the legal and environmental implications of this development and assess the challenges posed by the inadequacy of current international legal frameworks. Using an analytical-deductive methodology, the study analyzes relevant international legal texts and the environmental risks associated with autonomous military systems, linking them to key principles of public international law, especially those related to environmental protection during armed conflict. The findings reveal that AI-powered weapons of mass destruction pose unprecedented risks to ecosystems due to their unpredictability and autonomous decision-making capabilities, threatening fundamental principles of international humanitarian law and increasing the likelihood of cross-border environmental disasters. The study concludes that a binding international legal framework is urgently needed to regulate military uses of AI, incorporating environmental and humanitarian considerations, and enhancing international oversight and transparency. This would help ensure a balance between technological progress and global environmental protection.

Keywords: Environmental security; artificial intelligence; weapons of mass destruction; international law; armed conflict; legal regulation.

The First Scientific Conference of the Faculty of Science – Sirte University Environmental Pollution and Challenges of Environmental Sustainability (EPESC), Oc. 14, 2025

تقدير نسبة تلوث سمكة البوري ببعض الناصر الثقيلة (Cd, Pb, Cu) في حوض سرت

علي عبد الرحيم علي الغزالي

قسم علم الحيوان، كلية العلوم، جامعة سرت، سرت، ليبيا

Corresponding Author Email: ali.aligzali@su.edu.ly

Article History:

Received: 09 April 2025

Revised: 15 June 2025

Published: 15 November 2025

الكلمات المفتاحية: الامتصاص الذري؛ العناصر الثقيلة؛ حوض سرت؛ سمك البوري.

الملخص: من اجل بيئة نظيفة وغداء آمن وبسبب ما تسببه النفايات من آثار سيئة على البيئة البحرية وبالتالي على الانسان ركزت هذه الدراسة على الكشف عن بعض العناصر الثقيلة (الرصاص والنحاس والحديد) في سمكة البوري المنتشرة في حوض سرت. اخذت العينات من اربعة اجزاء من السمكة (الخياشيم، الجلد، الكبد، العضلات)، وحضرت العينات باستخدام حمض النيتريك المركز، وقدرت العناصر باستخدام جهاز الامتصاص الذري. أظهرت النتائج المتحصل عليها خلو العينات من التلوث من عنصري الرصاص والكاديوم، وهما أكثر العناصر الثقيلة السامة تواجدا في الأسماك. وسجلت الدراسة زيادة ملحوظة في نسبة النحاس تفوق الحد المسموح به عالميا في اجزاء السمكة تحت الدراسة، حيث كانت في الجلد (0.7-2.3 ppm) والعضلات (0.8-3.5 ppm) والخياشيم (1-2 ppm) والكبد (2-33 ppm).

6. المقدمة

يعتبر التلوث البيئي البحري من أخطر المشاكل التي تعاني منها المناطق الساحلية القريبة من الشواطئ، فمعظم النفايات السائلة والصلبة الناتجة عن الأنشطة البشرية المختلفة تصل إلى البحار بشكل مباشر أو غير مباشر (Chahin, 2004). وقد أدى التطور الصناعي وتزايد عدد السكان وتنوع الأنشطة البشرية (التنقيب عن النفط، النفايات المنزلية، والزراعية) إلى تنوع كمي وكيفي للملوثات الواصلة إلى البيئة البحرية (Kabade et al., 2004). أخذت الصناعات في الآونة الأخيرة اتجاهات خطيرة متمثلة في التنوع الكبير وظهور بعض الصناعات المعقدة والتي يصاحبها في كثير من الأحيان تلوث خطير

يؤدي عادة إلى تدهور المحيط الحيوي والقضاء على تنظيم البيئة (Kampa & Catanas, 2008)، وعلي هذا يمكن توضيح مفهوم التلوث على ان التلوث هو إدخال الملوثات إلى البيئة الطبيعية مما يلحق الضرر بها ويسبب الاضطراب في النظام البيئي، وهذه الملوثات إما أن تكون مواد دخيلة على البيئة أو مواد طبيعية ولكن تجاوزت مستوياتها النسب المقبولة، ولا يقترن التلوث بالمواد الكيمائية فقط ، بل يمتد ليشمل التلوث بأشكال الطاقة المختلفة كالتلوث الضوضائي والتلوث الحراري والتلوث المائي. ويعرف التلوث المائي على انه التغير الفيزيائي أو الكيميائي في نوعية المياه بطريقة مباشرة أو غير مباشرة الذي يؤثر سلبا على الكائنات الحية ويجعل المياه غير صالحة للاستخدامات المطلوبة، مما يؤثر تأثير كبيرا على حياة الفرد والأسرة والمجتمع، فالمياه مطلب حيوي للإنسان وسائر الكائنات الحية ومن أخطر أنواع التلوث هو التلوث بالعناصر الثقيلة (Wu et al., 1999).

تأتي خطورة التلوث بالعناصر الكيميائية من كونها تتجمع وتتراكم داخل الأنظمة البيئية المختلفة، وكذلك تركيزها في الأغذية بمختلف أنواعها ومن أخطر هذه المواد السامة التي تلوث التربة والماء والهواء العناصر الثقيلة، حيث تتواجد على هيئة معدن فلزي أو على هيئة أملاح ذائبة تسبب أضرار فادحة بالإنسان والحيوان والنبات (الفلوجي ،2016). وقد سميت في البداية بالمعادن الثقيلة كون القسم الأكبر منها له كتلة ذرية أو كثافة أعلى من عنصر الكربون، فيما تم إضافة بعض المعادن الأخرى إلى القائمة لكونها تتشابه في خصائصها مع هذه المعادن. تصل العناصر الثقيلة إلى جميع الأجسام المائية وخاصة المياه العذبة كوسط من الأوساط البيئية الكبيرة التي تنشأ بجوارها الحياة المدنية والريفية بطرق شتى ليحدث فيها التلوث إما عن طريق المصادر الطبيعية وإما من خلال الأنشطة البشرية بصورة طبيعية من خلال العمليات الجيولوجية ومنها عمليات التعرية، وتصل هذه المعادن من المصدر الطبيعي الأصل إلى البيئة المائية إما ذائبة في مياه الأمطار المنجرفة على سطح الأرض أوعالقة في الهواء (Papagiannis et al., 2004). وتعد الأنشطة البركانية أيضا من المصادر الطبيعية التي تساهم في تلوث البيئة المائية. ويعد النشاط الصناعي أيضا مصدرا رئيسيا للتلوث بالمعادن الثقيلة في البيئة، فالكثير من الصناعات كالصناعات البترولية، ومصانع الحديد والصلب، والنحاس، والزجاج، والالومنيوم، ومصانع الدباغة، والأسمدة، والمبيدات، وغيرها من الصناعات (Majed et al., 2002).

تستخدم الأسماك بمختلف بيئاتها كمؤشر أو دليلاً حيوياً في برامج المراقبة البيئية لمعرفة مدى تلوث البيئة المائية بالعناصر الثقيلة التي تعيش فيها، وذلك بسبب انتقال العناصر الثقيلة عبر سلسلة الغذاء، حيث تدخل العناصر الثقيلة إلى السلاسل الغذائية المائية وخاصة الأسماك إما بصورة مباشرة عن طريق الغذاء أو غير مباشرة عن طريق الخياشيم، وينتقل التأثير السام للمعادن الثقيلة من كائن إلى آخر عن طريق التغذية عبر السلسلة الغذائية ومن ثم تصل هذه العناصر إلى الإنسان المستهلك الذي يقع في قمة الهرم الغذائي (دينا محمد نجيب الشريف 2019). فللأسماك قابلية على تجميع العناصر الثقيلة بتراكيز أعلى مما في الماء وتربة القاع بسبب تغذيتها على الطحالب والأحياء الصغيرة فضلا عن المواد العضوية الموجودة في البيئة المائية (Olaifa et al., 2004).

تناولت العديد من الدراسات السابقة الاسماك كمؤشر لتلوث المياه بالعناصر الثقيلة، حيث اجريت دارسة قام بها فيلوغ (2007) على أسماك البوري بودماغ *Mugil cephalus* التي تم تجميعها من بحيرة 23 يوليو في مدينة بنغازي الليبية؛ للكشف عن تركيز بعض المعادن (الحديد والنحاس والزنك) في بعض أعضاء السمك تحت الدراسة، واظهرت النتائج نسب متفاوتة لبعض العناصر (Cu > Zn > Fe) تركز معظمها في الكبد مقارنة مع الأعضاء الأخرى (الخياشيم ,الكلى , العضلات).

ودراسة أخرى أجريت في مدينة درنة الليبية على أسماك البوري *Mugli cephalus* والبطاطا , *Siganus rivulatus* المجمعة من الشاطئ، وكان أعلى تركيز للمعادن المدروسة (النحاس ،الزنك، الرصاص، الكادميوم) في النسيج الكبدي، ما عدا الرصاص الذي كان تركيزه عاليا في الخياشيم (حمد 2011). وفي دراسة أجراها (Ahmed et al., 2016) على الأسماك صفراء الزعانف *Acanthopagrus arabicus*لتقدير تركيز عناصر (Fe, Mn, Zn, Pb, Cd) في العضلات والكبد، وكانت النتيجة أن العضلات أقل تركيزا بالمعادن من نسيج الكبد وكان معدن الحديد الاعلى تركيزا بين المعادن الاخرى المدروسة.

هدف الدراسة

هدفت الدراسة الى التعرف على مستويات العناصر الثقيلة التالية (النحاس، Cu والرصاص، Pb والكادميوم، Cd) في أسماك البوري المنتشرة بكثرة في حوض سرت والأكثر استهلاكا من قبل المواطنين، ومقارنة النتائج بالحدود المسموح بها عالميا.

المواد والأجهزة المستخدمة

- الأجهزة المستخدمة

جهاز الطيف الذري – (Flame Atomic Absorption, FAAS)، فرن التجفيف (Muffle Furnace).

- المواد الكيميائية

حمض النيتريك المركز (HNO_3) – حمض الكبريتيك المركز (H_2SO_4) – حمض النيتريك بتركيز (1M) – حمض الهيدروكلوريك بتركيز (1M).

- عينات الدراسة

تم جمع عينات سمك البوري المنتشر بمنطقة خليج سرت خلال عام 2022م، كانت العينات متجانسة من حيث العمر والوزن والحجم. تم إحضار 5 عينات سمكية إلى المختبر في اوعية بلاستيكية منظفة مسبقاً في احواض مجمدة. تم اخذ العينات من أربعة أجزاء من السمكة هي العضلات، والكبد، والجلد، والخياشيم لإجراء عملية الهضم الجاف والتي تمت على الشكل التالي:

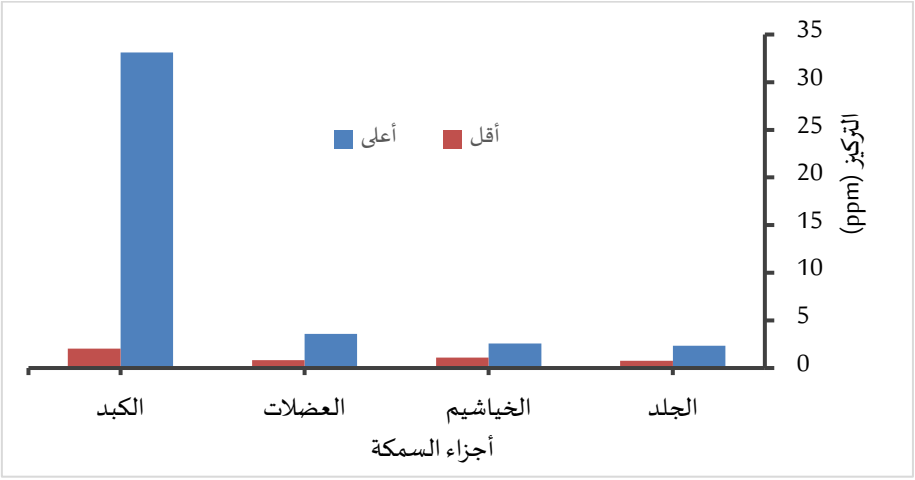
"تم أولا وزن العينات ثم أضيف اليها (1 M) من حامض النتريك المركز (HNO_3)، ثم تترك لمدة 12 ساعة، ثم تسخين العينات على لوحة حراري، ثم توضع في الفرن (Muffle Furnace) لمدة 4 ساعات على درجة 550م. توزن العينة مرة أخرى وتنقل الى الدورق قياسي سعة 25 مل، ثم يضاف إليها 5 مل من حمض الهيدروكلوريك (HCl) ويكمل الحجم بالماء المقطر إلى الحجم المطلوب، يتم تقدير تركيز العناصر بالعينة بواسطة جهاز الامتصاص الذري".

- التحليل الإحصائي

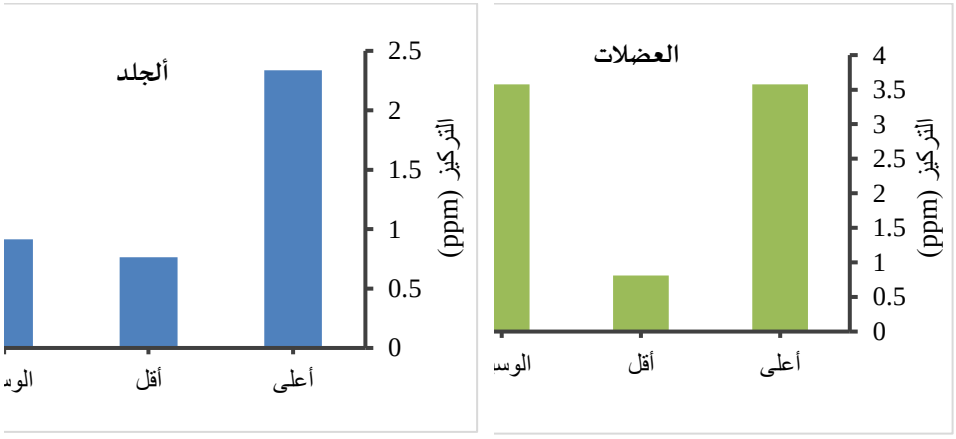
تم استخدام البرنامج الاحصائي (Excel Office Microsoft, 2010) لإيجاد الاختلافات المعنوية، كما يتم حساب الانحراف المعياري للقيم من خلال المتوسط الحسابي، عن طريق معادلة الخط المستقيم المتحصل عليها من المحاليل القياسية.

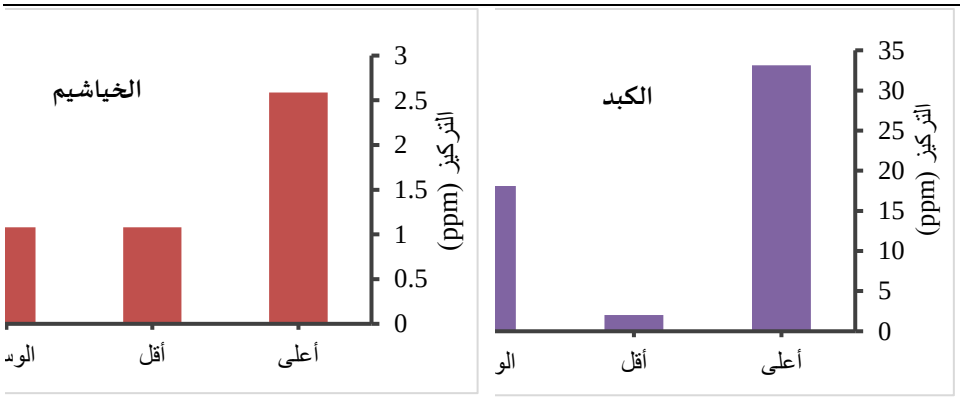
النتائج والمناقشة

ركزت هذه الدراسة على تقدير تركيز بعض العناصر الثقيلة (Cu, Pb, Cd) في اربعة اجزاء من سمكة البوري (الخياشيم- الجلد- الكبد- العضلات). وتبين من هذه الدراسة خلو العينات من الرصاص والكاديوم وهما أكثر العناصر الثقيلة السامة ذوات الأثار السلبية على صحة المستهلك، ولوحظ تواجد عنصر كميات عالية من النحاس في اجزاء السمكة تحت الدراسة تفوق الحد المسموح بها في منظمة الصحة العالمية (WHO) ومنظمة حماية البيئة (EPA) (**الشكل 1**). حيث تراوحت نسبة النحاس في الجلد بين (0.7ppm الى 2.3ppm) وفي العضلات بين (0.8ppm الى 3.5ppm)، وفي الخياشيم بين (1ppm الى 2ppm) 5، وفي الكبد بين (2ppm الى 33ppm)، كما هو مبين في الشكل (**الشكل 2**).



شكل1: نسبة تواجد عنصر النحاس فيها من أجزاء سمكة البوري





شكل 2: تركيز النحاس في أجزاء سمكة البوري

تعكس القيم المرتفعة لتركيز النحاس الزيادة في وجود املاح النحاس في مياه البحر، ومن المعتقد ان النحاس يتركز بسهولة في انسجة الاسماك وخصوصا في الكبد، ويعزى ذلك الى الوظائف الفيزيولوجية المختلفة فيما بينها، اذ يعد الكبد مركز استقلابيا هاما في الجسم، فعند دخول العناصر المعدنية الى سوائل الجسم من خلال الاغشية شبه النفاذة بعملية الانتشار يقوم الكبد مباشرة بتجميع العناصر واستقلابها للتخلص من سميتها، وهذا يتوافق مع العديد من الدراسات التي أثبتت أن الكبد هو النسيج الأعلى تراكما للعناصر الثقيلة من أي نسيج أخر، لأن الكبد يزيل السموم ويرسبها (Liza aurata) (Karayakar et al *2010*).

الخلاصة

من خلال هذه الدراسة، تبين أن النحاس يشكل أعلى نسبة تواجد في أجزاء سمكة البوري مقارنة ببقية العناصر الأخرى (Pb, Fe) تحت الدراسة التي كانت ضمن الحدود المسموح بها عالميا.

المراجع

الفلوجي، أ. (2016). تقدير الرصاص والكادميوم والنحاس في معلبات الأغذية في مدينة الحلة، العراق. *مجلة الفرات للعلوم الزراعية*، (3) 8، 197-203.

حمد، ف. ص. ط. (2011). *دراسة تركيز بعض العناصر الثقيلة في أعضاء بعض أنواع الأسماك المصطادة من شواطئ مدينة درنة (ليبيا)* [رسالة ماجستير غير منشورة]. اكاديمية الدراسات العليا.

الشريف، د. م. ن. (2019). *عنوان الرسالة غير محدد* [رسالة ماجستير غير منشورة]. المعهد القومي لعلوم البحار والمصايد.

Ahmed, Q., Bat, L., Yousuf, F., & Arıcı, E. (2016). Heavy metals in *Acanthopagrus arabicus* Iwatsuki, 2013 from Karachi Coasts, Pakistan and potential risk of human health. *Pakistan Journal of Zoology, 48*(6), 1799–1806.

Butu, A. W., & Iguisi, E. O. (2013). Concentration of heavy metals in sediment of river Kubanni, Zaria, Nigeria. *Comprehensive Journal of Earth and Environmental Science, 2*(1), 10–17.

Chahin, H. (2004). *Ecological assessment of domestic and industrial wastewater pollutants on Syrian coastal region*. [Paper presentation]. The Regional Work Shop on Marine Sciences & Natural Resources, Syria.

Kampa, M., & Castanas, E. (2008). Human health effects of air pollution. *Environmental Pollution, 151*(2), 362–367. https://doi.org/10.1016/j.envpol.2007.06.012

Karayakar, F., Cicik, B., Ciftci, N., Karaytug, S., Erdem, C., & Ozcan, A. (2010). Accumulation of copper in liver, gill and muscle tissues of *Anguilla anguilla* (Linnaeus, 1758). *Journal of Animal and Veterinary Advances, 9*(17), 2271–2274.

Kebede, A., & Wondimu, T. (2004). Distribution of trace elements in muscle and organs of Tilapia, *Oreochromis niloticus*, from Lakes Awassa and Ziway, Ethiopia. *Bulletin of the Chemical Society of Ethiopia, 18*(2), 119–130.

Majed, A. M., Mahmoud, A. H., & Hassan, M. A. (2002). Heavy metal contents of some molluscs and crustaceans along Al-Hodeidah Sea. *Bulletin of the National Institute of Oceanography and Fisheries, 28*, 319–331.

Olaifa, F., Olaifa, A., Adelaja, A., & Owolabi, A. (2004). Heavy metal contamination of *Clarias gariepinus* from a lake and fish farm in Ibadan, Nigeria. *African Journal of Biomedical Research, 7*(3), 145–148.

Wu, C., Maurer, C., Wang, Y., Xue, S., & Davis, D. L. (1999). Water pollution and human health in China. *Environmental Health Perspectives, 107*(4), 251–256. https://doi.org/10.1289/ehp.99107251

Estimation of Heavy Metal Contamination (Cd, Pb, Cu) in Mullet Fish in the Sirte Basin

Ali Abdulrahim Ali Al-Ghazali

Department of Zoology, Faculty of Science, University of Sirte, Sirte, Libya

Abstract

To promote a clean environment and safe food, and due to the adverse effects of waste on the marine ecosystem and consequently on human health, this study focused on detecting the presence of certain heavy metals (Lead, Copper, Cadmium) in Mullet fish prevalent in the Sirte Basin. Samples were taken from four parts of the fish (gills, skin, liver, muscles). The samples were prepared using concentrated nitric acid, and the elements were quantified using an atomic absorption spectrometer.

The obtained results indicated that the samples were free from contamination by lead and cadmium, which are among the most commonly found toxic heavy metals in fish. The study recorded a noticeable increase in copper levels, exceeding the internationally permitted limits, across the studied fish parts. The concentrations were as follows: skin (0.7-2.3 ppm), muscles (0.8-3.5 ppm), gills (1-2 ppm), and liver (2-33 ppm).

Keywords: Atomic Absorption; Heavy Metals; Sirte Basin; Mullet Fish.

The First Scientific Conference of the Faculty of Science Sirte University Environmental Pollution and Challenges of Environmental Sustainability (EPESC), Oct.14, 2025

تأثير ملوحة المياه المختلفة على أداء النمو ومعدل البقاء وبعض الخصائص الكيميائية في اسماك البلطي كمورد اقتصادي في ليبيا

عائشة طاهر العروي[1]، عبد الحفيظ عبد الرحمن موسى[2]، عبد الباسط حسين إبراهيم[3]

[1] قسم الموارد البحرية، كلية الموارد الطبيعية وعلوم البيئة، جامعة طبرق، ليبيا

[2] قسم الموارد البحرية، كلية الموارد الطبيعية وعلوم البيئة، جامعة عمر المختار، ليبيا

[3] قسم الموارد البحرية، كلية الموارد الطبيعية وعلوم البيئة، جامعة عمر المختار، ليبيا

***Corresponding Author Email**: Aisha taherabdelrasoul@gmail.com*

Article History:

Received: 20 April 2025

Revised: 15 June 2025

Published: 15 November 2025

الكلمات المفتاحية: -

إستزراع سمكي؛ البلطي النيلي؛ الملوحة؛ الوزن.

ملخص البحث: أجريت التجارب في معمل الأسماك بقسم الموارد البحرية في كلية الموارد الطبيعية وعلوم البيئة جامعة عمر المختار، وذلك خلال الفترة من نوفمبر 2021- يناير2022م، وكان الهدف من الدراسة هو التحقق من التغيرات الفسيولوجية لسمك البلطي النيلي تحت تأثير أربعة مستويات من ملوحة المياه في أحواض الإستزراع وهي كالتالي (0، 8، 16، و24 ppm)، من خلال تقييم أداء الاسماك، تقدير مقاييس النمو وكفاءة إستخدام الغذاء، مكونات العناصر الغذائية في جسم الأسماك.

أوضحت النتائج التأثير السلبي لمستويات الملوحة المختلفة على أداء أسماك البلطي ومقاييس النمو وكذلك معدل التحول الغذائي، كفاءة إستخدام البروتين، معدل النمو النوعي. إنخفاض متوسط طول الأسماك بمعدلات 13.99%، 16.05%، و17.6% تحت مستويات الملوحة (8 ppm، 16 ppm ، و24 ppm) علي التوالي، مقارنة بالتحكم. أما من حيث وزن الأسماك فقد نقص متوسط وزن الأسماك بزيادة الملوحة بمعدل 7%، 28%، و34.19% بزيادة تركيز الملوحة (8 ppm،ppm 16 ، و24 ppm) على التوالي، مقارنة بالتحكم.

.7

.8

9. المقدمة

تعتبر الاسماك والمنتجات البحرية الأخرى غنية بالبروتين والاحماض الدهنية الاساسية وكذلك الفيتامينات والمعادن من المصادر الرئيسية للغذاء البروتيني ،حيث تلعب تربية الاحياء المائية دورا مهما في القضاء على الجوع وسوء التغذية من خلال توفير الاسماك والمنتجات المائية الأخرى حيث تعد تربية الاحياء المائية أسرع قطاعات انتاج الغذاء في العالم ولديها امكانات كبيرة لتلبية الاحتياجات المتزايدة للبروتين الحيواني (soliman & yacout, 2016). بالرغم من ذلك تمثل الزراعة والثروة الحيوانية ومصايد الاسماك 3.2% فقط من الناتج المحلي الاجمالي في ليبيا حيث تمتلك خط ساحلي طويل جدا علي ساحل البحر الابيض المتوسط، الا انها تفتقر الي عدم كفاية المرافق الصيد والتجهيز والمواني (Belhabib et al., 2019).

وتعتبر اسماك البلطي النيلي من اسماك المياه العذبة حيث تتميز بتحمل الشديد لمشاكل المياه ومقاومتها العالية الامراض وسهولة تفريخها وتحملها الواسع الظروف البيئية مقارن مع الاسماك الاخرى يمكن ان تحقق اعلي معدلات النمو مع تحسن الظروف (برانية واخرون 1997). حيث تعتبر الملوحة أحد العوامل المهمة لنمو اسماك البلطي النيلي كما اوضح (van Doan et al., 2019) ان المستويات المرتفعة لملوحة مياه الاستزراع تعد من الامور المرهقة التي تتعرض لها الاسماك. والتي توثر على معدل النمو والمناعة وتكاثر الاسماك (Kieffer & Cooke, 2009) كما ان توثر الملوحة على مقاييس النمو المختلفة (Vargas-chacoff et al., 2015) وتهدف هذه الدراسة دراسة تأثير تراكيز الملوحة المختلفة علي مقاييس النمو لأسماك البلطي النيلي، ومعدل البقاء، وكفاءة استخدام الغذاء، وكذلك القيمة الغذائية للأسماك. وتقييم بعض الخصائص الكيمائية لأسماك البلطي تحت المستويات المختلفة من الملوحة.

2. مواد وطرق العمل

تم اجراء هذا البحث في معمل الاسماك بقسم الموارد البحرية في كلية الموارد الطبيعية وعلوم البيئة/ جامعة عمر المختار -في مدينة البيضاء – ليبيا وذلك خلال الفترة من نوفمبر 2021- يناير 2022م، حيث تم جمع عينات الاسماك المستخدمة في البحث من منطقة التميمي علي الشريط الساحلي لخليج البمبة على السواحل الشمالية الشرقية الليبية، حيث تبعد حوالي 75 كم جنوب درنة، 100 كم غرب طبرق. وقد اجري البحث في نظام مكون من 12 حوض زجاجي مقاس (80*35*40 سم) كل منها يحتوى علي 45 لتر ماء وتهدف الدراسة الي تأثير اربع معاملات باستخدام ثلاث مستويات مختلفة من الملوحة وهي (0-8-16-24) ptt كررت كل معاملة في ثلاث احواض وبعد جلب الاسماك تم تقسيم الاحواض الي اربع مجموعات هي (0-8-16-24) بواقع 2 احواض لكل مجموعة متماثلة من حيث الوزن و وزعت علي الاحواض عشوائيا بمعدل 8 اسماك / حوض وبمتوسط وزنها 13.84-15.77 جم / سمكة ومتوسط اطوال الاسماك ما بين 8.3 -9.6 سم / سمكة، [غذيت الاسماك علي عليقة تجارية تحتوى علي حوالي 35 % بروتين تم استجلابها من شركة Koudijs and kapo Feed كاوادايس كابو فيد بمدينة برج العرب - الاسكندرية – مصر .

وغذيت الاسماك اثناء التجربة علي العليقة وهي عبارة عن مكعبات جافة علي وجبتين في اليوم من الساعة التاسعة صباحا والأخرى الساعة الثالثة بعد الظهر ، وتم وزن الاسماك في بداية التجربة ثم بعد ذلك كل اسبوعين في يوم محدد وذلك لضبط كمية الغذاء علي حسب الوزن الجديد وتقيم اداء والنمو الاسماك حيث لا تتغذي الاسماك في يوم الوزن ويتم ضبط الاضاءة لتكون 15/ساعة اضاءة 9 ساعات ظلام وقد استمرت التجربة 60 يوم كما تم المحافظة علي مستويات الملوحة يوميا وكذلك جودة المياه بتوفير التهوية الاصطناعية الاحواض واستمرار تغير 25% من ماء الحوض كل يوم كذلك تم اخذ عينات مياه من كل حوض يوميا بصفة دورية لتقدير الاتي:

1. تم تقدير pH بواسطة جهاز قياس الاس الهيدروجيني pH meter

2. تم تقدير درجات الحرارة المئوية باستخدام الترمومتر

3. تم تقدير الاكسجين الذائب بواسطة قياس الاكسجين الذائب Oxygen meter

4. تم تقدير الامونيا وفقا لوكالة حماية البيئة الامريكية

وفي نهاية التجربة تم وزن جميع الاسماك في كل حوض لغرض المقارنة وتقيم اداء والنمو الاسماك في المعاملات المختلفة من الملوحة وذلك من خلال حساب تلك المؤشرات والمعايير

1. الزيادة الوزنية الكلية (جم) = الوزن النهائي (جم) – الوزن الابتدائي(جم).

2. معدل النمو النوعي (جم/يوم) =

3. معدل التحويل الغذائي =

4. معدل البقاء (%) = ×100

5. كفاءة إستخدام البروتين =

ثم اخذ عينات اسماك من كل حوض علي حدة (حوالي 3-4 اسماك على حسب وزن الاسماك) وتم وزنها ، ثم اجراء التحاليل الكيميائية للازمة علها وتقدير كل من البروتين - الدهون – المادة الحافة – الالياف الخام – الرماد -المستخلص الخالي من النيتروجين وكل هذه التقديرات تمت طبقا الطرق القياسية الموصوفة في A.0.A.C(1990).

تم تحليل النتائج احصائيا باستخدام برنامج التحليل الاحصائي SPSS وفقا (Gomez and and Gomez) من خلال دراسة الاختلافات وتحليل التباين ومقارنة المتوسطات وحساب قيم اقل فرق معنوي (LSD 0.05).

3. النتائج والمناقشة:

خصائص ومعايير جودة الماء المستخدم في عمليات الإستزراع في المجموعات المختلفة لمختلف أحواض التربية، البيانات الواردة في جدول (1) توضح نتائج معايير جودة المياه المستخدمة في مجموعات التربية المختلفة في مستوي ملوحة المياه. حيث أظهرت النتائج وجود إختلافات ذات دلالة إحصائية (إختلافات معنوية) بين الرقم الهيدروجيني للماء بإختلاف تركيز الملوحة والذي تراوح بين 7.34- 7.66، كذلك مقدار الأكسجين المذاب وكمية الأمونيا الناتجة تحت المستويات الأربعة من الملوحة. حيث نلاحظ إنه عند زيادة تركيز الملوحة أدي ذلك إلي إنخفاض واضح لمقدار الأكسجين المذاب حيث إنخفض من 5.6 إلي 5.1 ملجم/لتر، علي العكس من ذلك زادت كمية الأمونيا الناتجة مع زيادة الملوحة إلا أنها تساوت ما بين تركيز 16 ***ppt***، والماء العذب. كان هناك إختلافات معنوية بين درجات الحرارة للمستويات الأربعة للملوحة حيث تراوحت ما بين 24.1 – 24.4 درجة مئوية. تشابهت هذه النتائج مع ما أوضحه (***Nassar et al., 2021***) عند تربية وإستزراع أسماك البطي الأحمر، وفقًا للبيانات التجريبية الحالية، كانت معايير جودة المياه ضمن الحدود الآمنة لاستزراع البلطي وفقا لما حدده (***Setiadi et al., 2018***).

جدول (1) خصائص جودة الماء في أحواض التربية لمختلف مستويات الملوحة

الصفة	مستويات الملوحة				LSD 0.05
	التحكم	8 ppm	16 ppm	24 ppm	
درجة الحرارة (م°)	24.2^{a}	24.4^{b}	24.1^{c}	24.2^{a}	0.074
(pH)	7.50^{a}	7.66^{b}	7.62^{b}	7.34^{c}	0.046
الأكسجين المذاب (ملجم/لتر)	5.6^{a}	5.2^{b}	5.3^{c}	5.1^{b}	0.063
الأمونيا (ملجم /لتر)	0.2^{a}	0.4^{c}	0.2^{a}	0.3^{b}	0.071

مستويات ملوحة الماء المختلفة على مقاييس النمو وكفاءة استهلاك الغذاء لأسماك البلطي النيلي، البيانات الواردة في الجدول رقم (2) توضح تأثير المستويات المختلفة في ملوحة الماء المستخدم في تربية أسماك البلطي النيلي على مقاييس وصفات النمو المختلفة وكفاءة استخدام الغذاء، بعد حوالي 60 يوم من التغذية حيث يتضح التأثير السلبي لزيادة ملوحة الماء المستخدم مقارنة بالماء العذب على معظم الصفات المدروسة. كذلك أوضح نتائج التحليل الإحصائي وجود فروق معنوية بين المجموعات التجريبية الأربعة (الشاهد - إستخدام الماء العذب)، ومختلف تركيزات الملوحة المستخدمة (على كل من متوسط الوزن النهائي لعينات الأسماك (جم)، معدل الزيادة في متوسط وزن الأسماك (جم)، معدل التحول الغذائي، كفاءة إستخدام البروتين (جم)، ومعدل النمو النوعي (%).

على الجانب الآخر لم يسجل مقياس معدل البقاء (%) فروق ذات دلالة إحصائية بين الماء العذب وتركيزي الملوحة الأول والثاني (8 ppm، 16 ppm)، إلا إنه كان هناك فروق ذات دلالة إحصائية بين المجموعة الرابعة ذات مستوي ملوحة 24 ppm وباقي المجموعات الأخرى.، تتفق هذه النتائج مع ما أوضحه (Dawood, *et al.,* 2022) بأن مقاييس النمو المختلفة لأسماك البلطي مثل أداء النمو، ونسبة كفاءة التغذية، ومؤشرات معدل البقاء على قيد الحياة تأثرت بشكل ملحوظ بمستويات الملوحة المختلفة. وتتفق أيضا مع ما ذكره (A. Nassar, *et al.,* 2021) عن تأثير مستويات ملوحة ماء الإستزراع والتربية على صفات ومقاييس نمو أسماك البلطي الأحمر مثل معدل الزيادة الوزنية، معدل النمو، ومعدل البقاء على قيد الحياة.، كذلك أوضح (Fuadi, *et al.,* 2021) في دراسة سلوك أسماك البلطي تحت مستويات مختلفة من ملوحة الماء المستخدم في أحواض التربية، حيث وجد أن سلوك الأسماك لن يختلف حتى مستوي ملوحة بلغ 10 ppt، إلا إنه في حالة زيادة تركيز الملوحة يختلف نشاط الأسماك حتى تركيز 21 ppt، حيث يؤدي إلي نفوق الأسماك بنسب مختلفة.

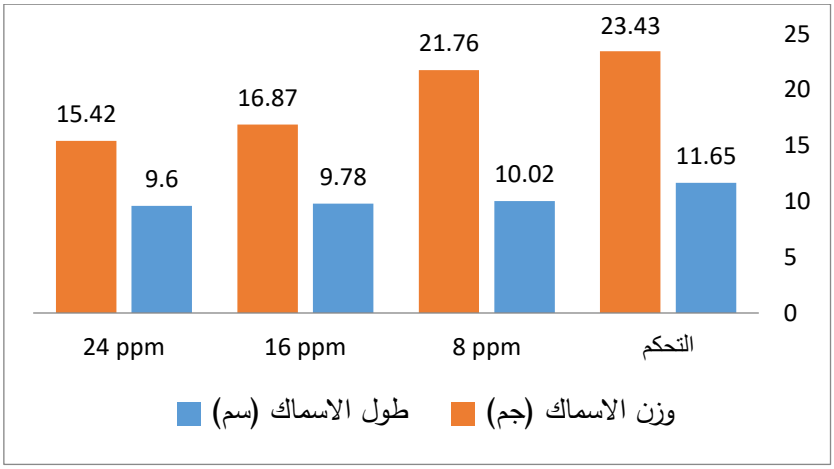
تأثير تركيز ملوحة الماء على متوسط طول ووزن أسماك البلطي النيلي

يوضح الشكل (1) التأثير السلبي ومن خلال نتائج التحليل الإحصائي ووجود فروق معنوية واضحة لإستخدام المياه المالحة في تربية أسماك البلطي النيلي على كل من متوسط طول الأسماك (سم)، وكذلك متوسط وزن الأسماك (جم). حيث توضح النتائج الإنخفاض المستمر في متوسط طول الأسماك (سم) بزيادة تركيز ملوحة المياه المستخدمة في عملية التربية، حيث تفوقت الأسماك في المياه العذبة (التحكم) بمتوسط طول بلغ 11.65 سم، في حين إنخفض متوسط طول الأسماك بمعدلات بلغت 13.99%، 16.05%، و17.6% عند إستخدام مياه مالحة بتركيز (8 ppm، 16 ppm ، و24 ppm) مقارنة بالتحكم، على التوالي.

كذلك أدي إستخدام مستويات الملوحة المختلفة إلى نقص واضح لمتوسط وزن الأسماك مع وجود إختلافات ذات فروق معنوية واضحة. حيث إزداد نقص متوسط وزن الأسماك بزيادة الملوحة وسجل معدل النقص ما بين 7%، 28%، و34.19% بزيادة تركيز الملوحة (8 ppm، 16 ppm ، و24 ppm) على التوالي، مقارنة بالتحكم والذي بلغ متوسط وزن الأسماك 23.43 جرام عند التربية في المياه العذبة (التحكم). وقد يعزي ذلك إلي التأثير السلبي للملوحة علي الجينات المرتبطة بالنمو والتي بدورها تؤدي إلي إنخفاض سلوك التغذية والذي يتضح في إنخفاض كفاءة إستخدام البروتين، معدل تحويل الأعلاف وبالتالي إنخفاض معدل النمو النوعي (Bœuf and Payan, 2001; El-Leithy et al., 2019; Dawood, et al., 2021; Dawood, et al., 2022; Cheng, et al., 2022).

جدول (2) تأثير تركيز ملوحة الماء على مقاييس النمو وكفاءة استهلاك الغذاء لأسماك البلطي النيلي

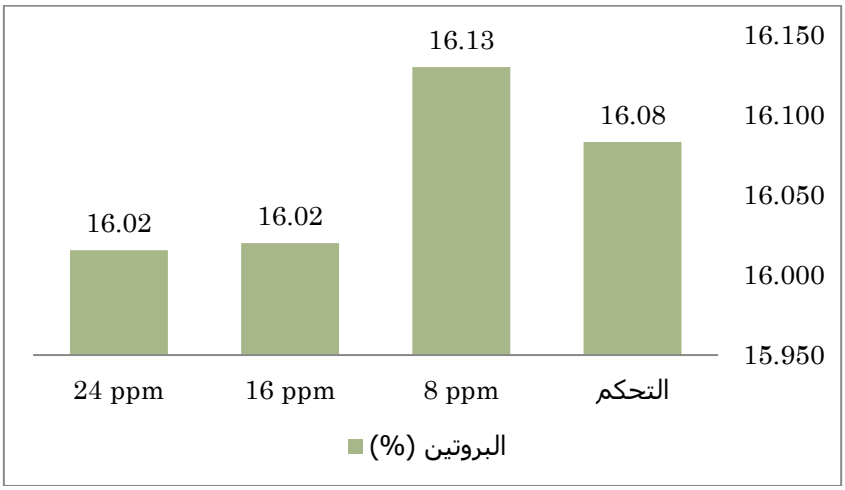
الصفة	مستويات الملوحة			
	التحكم	8 ppm	16 ppm	24 ppm
الوزن الإبتدائي (جم)	0.37±15.29^{a}	0.31±15.19^{a}	0.24±14.65^{a}	0.21±14.51^{a}
الوزن النهائي (جم)	22.43± 0.71^{a}	20.69± 0.57^{b}	0.71±19.88^{b}	1.3±19.56^{b}
الزيادة الوزنية (جم)	0.20±7.13^{a}	0.72±5.50^{ab}	1.20±5.23^{b}	1.18±5.05^{b}
الغذاء الماكول (جم)	0.34±27.64^{a}	0.20±27.67^{a}	0.57±26.05^{b}	0.17±27.15^{a}
معدل التحويل الغذائي	0.13± 3.87^{b}	0.12± 5.03^{ab}	1.02±4.94^{ab}	1.07±5.38^{a}
كفاءة إستخدام البروتين	0.02 ±0.73^{a}	0.01± 0.56^{ab}	0.14± 0.59^{ab}	0.11±0.54^{b}
معدل النمو النوعي (%)	0.02±1.52	0.09±1.31^{ab}	0.16±1.27^{ab}	0.17±1.24^{b}
معدل البقاء (%)	0.00±100^{a}	0.00±100^{a}	0.00±100^{a}	7.21±91.66^{b}



شكل (1) تأثير المستويات المختلفة لملوحة الماء على متوسط طول ووزن أسماك البلطي النيلي

تأثير تركيز ملوحة الماء على متوسط النسبة المئوية للبروتين في أسماك البلطي النيلي

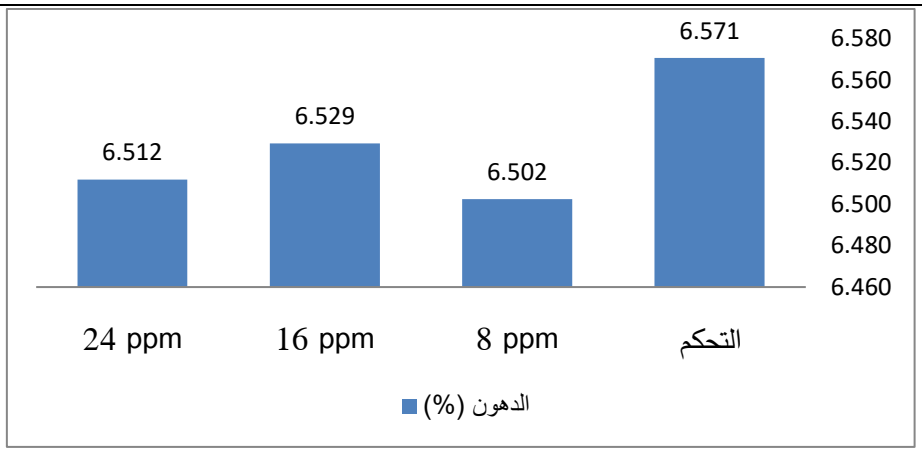
يوضح الشكل (2) تأثير مستويات ملوحة الماء محتوي البروتين علي محتوي البروتين في أسماك البلطي النيلي علي الرغم من التأثير السلبي لإرتفاع مستوي ملوحة الماء علي متوسط نسبة البروتين (حيث إنخفضت نسبة البروتين بإرتفاع الملوحة)، إلا إنه لم يكن هناك فروق معنوية بين مستويات الملوحة المستخدمة، حيث سجلت أعلي متوسط لمحتوي الأسماك من البروتين في المياه العذبة (التحكم) ، وانخفاض نسبة البروتين في الأسماك تدريجيا بزيادة مستوي الملوحة في الماء المستخدم ، وقد أوضح كل من (Chen, *et al.,* 2022)، أن التركيزات المختلفة لملوحة الماء المستخدم في الإستزراع السمكي يلعب دور كبير في محتوي الأسماك المختلفة من البروتين،



شكل (2) تأثير تركيز ملوحة الماء على متوسط النسبة المئوية للبروتين في أسماك البلطي النيلي

تأثير تركيز ملوحة الماء على متوسط النسبة المئوية للدهون في أسماك البلطي النيلي

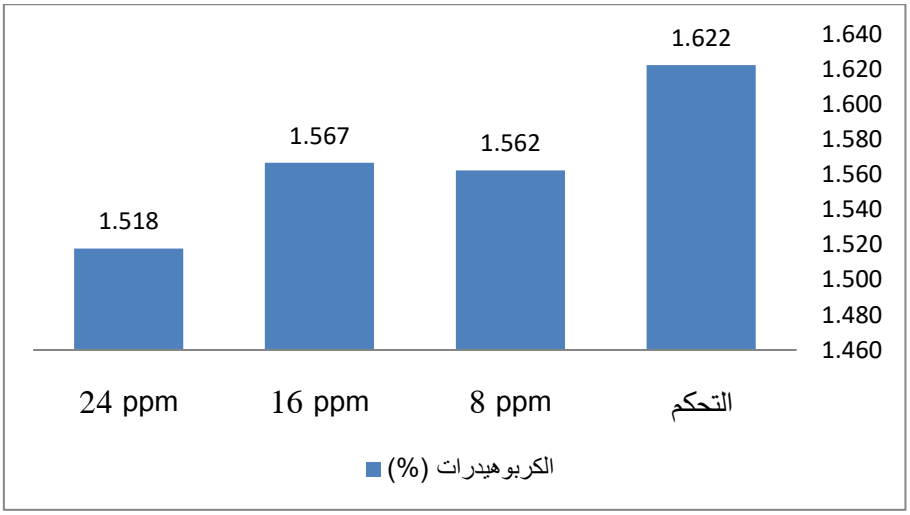
يوضح الشكل (2) تأثير مستويات ملوحة الماء المستخدم في تربية أسماك البلطي النيلي على محتواها من الدهون. أظهرت النتائج أن إستخدام المياه المالحة يمكن أن تؤثر على متوسط محتوي أسماك البلطي من الدهون مع وجود فروق معنوية بين مستويات الملوحة الأربعة المختلفة، كما لوحظ إنخفاض نسبة الدهون بزيادة ملوحة الماء تدريجيا، حيث تفوقت مجموعة أسماك الماء العذب (التحكم) في محتواها من الدهون مقارنة بباقي مجموعات التربية ، كانت هذه النتيجة مشابهة لما أوضحه (Chang, *et al.,* 2014) لمحتوى الأحماض الدهنية الموجودة في عضلات أسماك *(Leuciscus waleckii* المعرضة لمستويات عالية من الملوحة، كذلك اتفقت هذه النتائج مع ما أوضحه (Chen, *et al.,* 2022) عند دراسة تأثير الملوحة علي تراكم الأحماض الدهنية في سرطان البحر (*Portunus trituberculatus*).



شكل (3) تأثير تركيز ملوحة الماء على متوسط نسبة الدهون (%) في أسماك البلطي النيلي

تأثير تركيز ملوحة الماء على متوسط النسبة المئوية للكربوهيدرات في أسماك البلطي النيلي

الشكل البياني (4) يوضح تأثير مستويات ملوحة الماء المستخدم في عملية إستزراع أسماك البلطي النيلي على متوسط محتواها من الكربوهيدرات والتي توضح وجود فروق معنوية بين تأثير المستويات المختلفة من ملوحة مياه الإستزراع، حيث يتضح الإنخفاض المستمر في متوسط النسبة المئوية لمحتوي الأسماك من الكربوهيدرات بزيادة ملوحة الماء المستخدم. تفوقت أسماك البلطي المستزرعة في الماء العذب توافقت هذه النتائج مع ما تم التوصل إليه من نتائج خلال الدراسة، مما يزيد من خطر الإصابة بالكبد الدهني وتعطيل وظيفة أنظمة مضادات الأكسدة (Li, et al., 2018; Limbu, et al., 2020; Luo, et al., 2020



شكل (4) تأثير تركيز ملوحة الماء علي متوسط نسبة الكربوهيدرات (%) في أسماك البلطي النيلي

تأثيرتركيزملوحة الماء على متوسط النسبة المئوية للمادة الجافة في أسماك البلطي النيلي

يظهر شكل (5) تأثير مستوى الملوحة على متوسط محتوي أسماك البلطي النيلي من المادة الجافة، حيث كان هناك اختلافات كبيره معنوية بين المعاملات، والتي توضح التأثير الإيجابي لزيادة مستويات ملوحة الماء بشكل كبير على نسبة المادة الجافة. سجلت الأسماك المستزرعة في مياه مالحة بتركيز24 ppm أعلي معدل للمادة الجافة 27.94 %، تتفق وتتشابه هذه النتائج مع ما توصل إليه (Sharaf, *et al.,* 2013)، حيث ذكروا أنه زادت قيم المادة الجافة في الأسماك بزيادة مستويات ملوحة الماء المستخدم في عملية الإستزراع والتربية لأسماك البلطي الأحمر.

الخاتمة

في ضوء نتائج الدراسة الحالية، يتضح أن استخدام مستويات متفاوتة من ملوحة المياه في تربية واستزراع أسماك البلطي النيلي أدى إلى تأثيرات ملحوظة وسلبية على مؤشرات النمو المختلفة، وكفاءة استخدام البروتين، ومعدل النمو النوعي، ومعامل التحول الغذائي. وقد بيّنت التحليلات الإحصائية وجود فروق معنوية بين تركيزات الملوحة المختلفة، حيث لوحظ انخفاض في كل من متوسط الطول والوزن بزيادة تركيز الملوحة (8، 16، و24 جزء في المليون) مقارنة بمجموعة التحكم. كما أظهرت النتائج الكيميائية تراجعاً في محتوى الأسماك من البروتينات، الكربوهيدرات، الدهون، والألياف مع ارتفاع الملوحة، في حين زاد محتوى المادة الجافة. تعكس هذه النتائج التأثيرات السلبية المباشرة لملوحة المياه على جودة ونمو أسماك البلطي النيلي، مما يستدعي النظر بعناية في مستويات الملوحة عند تصميم أنظمة الاستزراع لضمان تحقيق أفضل أداء نموي وكفاءة إنتاجية.

التوصيات:

1. من الممكن التوسع في إستزراع أسماك البلطي النيلي بإستخدام مياه الآبار الجوفية المالحة بمختلف مناطق الدولة الليبية والتي قد تصل ملوحتها إلى 8 جزء في المليون وذلك لسد الفجوة الغذائية ما بين الإنتاج والإستهلاك نظرا لقلة موارد المياه العذبة.

2. يمكن الإستفادة من إستغلال مياه الآبار الجوفية المالحة في الإستزراع السمكي لأسماك البلطي النيلي سواء بالإستغلال المباشر أو بعد إجراء عمليات الأقلمة التدريجية للأسماك.

المصادروالمراجع:

برانية، احمد عبد الوهاب ومحى السعيد عيسى وعبد الرحمن عبد اللطيف الجمل ومحمد فتحي محمد عثمان وشريف شمس الدين صادق ،1997

الاسس العلمية والعملية لتفريخ ورعاية الاسماك والقشريات في الوطن العربي، الدار العربية للنشر والتوزيع، القاهرة.

المراجع الاجنبية

A.O.A.C. Association of official Analytical chemists. 1990.official methods of analysis 15th ed. Published by the A.O.A.C., Benjamin francklin station Washington. D. C., USA.

A Nassar, S., GA Hassan, A., F Badran, M., & M Abdel-Rahim, M. (2021). Effects of salinity level on growth performance, feed utilization, and chromatic deformity of the hybrid Red tilapia,

Oreochromis niloticus x O. mossambicus. *Egyptian Journal of Aquatic Biology and Fisheries*, *25*(2), 49-61

Belhabib, D., Sumaila, U.R. and Le Billon, P., 2019. The fisheries of Africa: Exploitation, policy, and maritime security trends. *Marine Policy*, *101*, 80-92.

Bœuf, G., & Payan, P. (2001). How should salinity influence fish growth? Comparative Biochemistry and Physiology Part C: *Toxicology & Pharmacology*, *130*(4), 411-423.

Chang, Y. M., Tang, R., Dou, X. J., Tao, R., Sun, X. W., & Liang, L. Q. (2014). Transcriptome and expression profiling analysis of Leuciscus waleckii: An exploration of the alkali-adapted mechanisms of a freshwater teleost. *Molecular BioSystems*, *10*(3), 491-504.

Chen, W., Li, X., Qin, K., Gao, T., Wang, C., and Wang, H. (2022). Effects of low salinity on fatty acid and free amino acid composition of muscle tissues in Portunus trituberculatus. *Aquaculture Research, 53*(5), 1627-1635.

Dawood, M. A. (2021). Nutritional immunity of fish intestines: Important insights for sustainable aquaculture. *Reviews in Aquaculture, 13*(1), 642-663.

Dawood, M. A., Gewaily, M. S., and Sewilam, H. (2022). The growth performance, antioxidative capacity, and histological features of intestines, gills, and livers of Nile tilapia reared in different water salinities and fed menthol essential oil. Aquaculture, 554, 738122.

Ding, Z., Xiong, Y., Zheng, J., Zhou, D., Kong, Y., Qi, C., and Limbu, S. M. (2022). Modulation of growth, antioxidant status, hepatopancreas morphology, and carbohydrate metabolism mediated by alpha-lipoic acid in juvenile freshwater prawns Macrobrachium nipponense under two dietary carbohydrate levels. *Aquaculture, 546*, 737314.

El-Dahhar, A. A., Kamel, E. A., El-Wakil, H. F., and Grana, Y. S. (2011). Effect of salinity stress on growth of three strains of Egyptian Nile tilapia (Oreochromis niloticus). *Journal of the Arabian Aquaculture Society, 6*(2), 251-269.

El-Leithy, A. A., Hemeda, S. A., El Naby, W. S. A., El Nahas, A. F., Hassan, S. A., Awad, S. T., and Helmy, Z. A. (2019). Optimum salinity for Nile tilapia (Oreochromis niloticus) growth and mRNA transcripts of ion-regulation, inflammatory, stress-and immune-related genes. *Fish physiology and biochemistry, 45*, 1217-1232.

El-Sayed, A. F. M., and Fitzsimmons, K. (2023). From Africa to the world—The journey of Nile tilapia. *Reviews in Aquaculture, 15*, 6-21.

Fuadi, A. A., Hasly, I. R. J., Azkia, L. I., and Irham, M. (2021, February). Response of tilapia (Oreochromis niloticus) behaviour to salinity differences: a laboratory scale study. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 674, No. 1, p. 012060). IOP Publishing

Haredi, A. M. M., Mourad, M., Tanekhy, M., Wassif, E., and Abdel-Tawab, H. S. (2020). Lake Edku pollutants induced biochemical and histopathological alterations in muscle tissues of Nile Tilapia (Oreochromis niloticus). Toxicology and Environmental Health Sciences, 12, 247-255.

Kieffer, J. D., and Cooke, S. J. (2009). Physiology and organismal performance of centrarchids. *Centrarchid fishes: Diversity, biology, and conservation*, 207-263.

Li, R., Liu, H., Dong, X., Chi, S., Yang, Q., Zhang, S., and Tan, B. (2018). Molecular characterization and expression analysis of glucose transporter 1 and hepatic glycolytic enzymes activities from herbivorous fish Ctenopharyngodon idellus in respond to a glucose load after the adaptation to dietary carbohydrate levels. *Aquaculture, 492*, 290-299.

Limbu, S. M., Zhang, H., Luo, Y., Chen, L. Q., Zhang, M., and Du, Z. Y. (2020). High carbohydrate diet partially protects Nile tilapia (Oreochromis niloticus) from oxytetracycline-induced side effects. *Environmental pollution, 256*, 113508.

Luo, Y., Hu, C. T., Qiao, F., Wang, X. D., Qin, J. G., Du, Z. Y., & Chen, L. Q. (2020). Gemfibrozil improves lipid metabolism in Nile tilapia Oreochromis niloticus fed a high-carbohydrate diet through peroxisome proliferator activated receptor-α activation. *General and Comparative Endocrinology, 296*, 113537.

Peng, K., Wang, G., Zhao, H., Wang, Y., Mo, W., Wu, H., and Huang, Y. (2020). Effect of high level of carbohydrate and supplementation of condensed tannins on growth performance, serum metabolites, antioxidant and immune response, and hepatic glycometabolism gene expression of Lateolabrax japonicus. *Aquaculture reports, 18*, 100515.

Ran, Z., Chen, H., Ran, Y., Yu, S., Li, S., Xu, J., and Yan, X. (2017). Fatty acid and sterol changes in razor clam Sinonovacula constricta (Lamarck 1818) reared at different salinities. *Aquaculture, 473*, 493-500.

Romano, N., Wu, X., Zeng, C., Genodepa, J., & Elliman, J. (2014). Growth, osmoregulatory responses and changes to the lipid and fatty acid composition of organs from the mud crab, Scylla serrata, over a broad salinity range. *Marine Biology Research, 10*(5), 460-471.

Sabae, S. Z., and Mohamed, F. A. (2015). Effect of environmental pollution on the health of Tilapia spp. From Lake Qarun. *Global Veterinaria, 14*(3), 304-328.

Setiadi, E., Yohana, R., Widyastuti, T. and Prihadi, H. (2018) Water quality, survival, and growth of Red tilapia, Oreochromis niloticus cultured in aquaponics system. E3S Web of Conferences 47, 02006.

Sharaf, S.M.; Mohamed, K.A.; Eldanasoury, M.A. and Nafea, R.R. (2013). Growth and physiological responses of Nile tilapia Oreochromis niloticus and hybrid Red tilapia (O. mossambicus ♂ X O. niloticus♀) by changes in salinity of rearing water. *Journal of Animal, Poultry & Fish Production, Suez Canal University, 1*, 23-31.

Soliman, N. F., and Yacout, D. M. (2016). Aquaculture in Egypt: status, constraints and potentials. Aquaculture international, 24, 1201-1227.

Van Doan, H., Hoseinifar, S. H., Naraballobh, W., Jaturasitha, S., Tongsiri, S., Chitmanat, C., and Ringø, E. (2019). Dietary inclusion of Orange peels derived pectin and Lactobacillus plantarum for Nile tilapia (Oreochromis niloticus) cultured under indoor biofloc systems. *Aquaculture, 508*, 98-105.

Vargas-Chacoff, L., Saavedra, E., Oyarzún, R., Martínez-Montaño, E., Pontigo, J.P., Yáñez, A., and Bertrán, C. (2015). Effects on the metabolism, growth, digestive capacity and osmoregulation of juvenile of Sub-Antarctic Notothenioid fish Eleginops maclovinus acclimated at different salinities. *Fish physiology and biochemistry, 41*, 1369-1381.

Zhu, J., Chen, L., Huang, Y., Zhang, F., Pan, J., Li, E., and Wang, X. (2022). New insights into the influence of myo-inositol on carbohydrate metabolism during osmoregulation in Nile tilapia (Oreochromis niloticus). *Animal Nutrition, 10*, 86-98.

The Effect of Different Water Salinity Levels on Growth Performance, Survival Rate, and Some Chemical Characteristics of Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*) as an Economic Resource in Libya

Aisha Taher Alarwi[1], Abdelhafid Abdelrahman Mousa[2], Abd Albaset Hussein Ibrahim[3]

[1] Department of Marine Resources, Faculty of Natural Resources and Environmental Sciences, University of Tobruk, Libya

[2] Department of Marine Resources, Faculty of Natural Resources and Environmental Sciences, Omar Al-Mukhtar University, Libya

[3] Department of Marine Resources, Faculty of Natural Resources and Environmental Sciences, Omar Al-Mukhtar University, Libya

Abstract

This study was conducted in the fish laboratory of the Department of Marine Resources, Faculty of Natural Resources and Environmental Sciences, Omar Al-Mukhtar University, during the period from November 2021 to January 2022. The objective was to investigate the physiological changes in Nile tilapia (Oreochromis niloticus) subjected to four levels of water salinity (0, 8, 16, and 24 ppm) in aquaculture tanks. The evaluation focused on fish performance, growth parameters, feed utilization efficiency, and the nutritional composition of fish bodiesThe results revealed a negative impact of increasing salinity on fish performance, growth indices, feed conversion ratio, protein efficiency ratio, and specific growth rate. The average fish length decreased by 13.99%, 16.05%, and 17.6% at salinity levels of 8 ppm, 16 ppm, and 24 ppm, respectively, compared to the control group. Moreover, the average fish weight declined by 7%, 28%, and 34.19% as salinity increased, respectively, compared to the control group.

Keywords: Aquaculture; body weight; Nile tilapia; salinity.

The First Scientific Conference of the Faculty of Science – Sirte University Environmental Pollution and Challenges of Environmental Sustainability (EPESC), June 14–15.

دراسة الغطاء النباتي لحافة الجنوبية الجبل الاخضر- شرق ليبيا

عبد الناصر سعيد البركى

قسم الاحياء، كلية التربية، جامعة بنغازي، ليبيا

Corresponding Author Email: abdulnasser.saied@uob.edu.ly

Article History:

Received: 07 April 2025

Revised: 19 May 2025

Published: 15 November 2025

الكلمات المفتاحية:

الغطاء النباتي؛ الجبل الأخضر؛ الفلورا الليبية؛ التنوع النباتي؛ أشكال الحياة.

ملخص البحث: استهدفت الدراسة منطقة الحافة الجنوبية للجبل الاخضر الممتدة من اسلطنة حتى تانكس ، حيث تمثلت الفلورا للمنطقة المدروسة بـ 227 نوعا نباتي إلى 155 جنس وتضم 39 عائلة نباتية مثلت النباتات معراة البذورGymnosperms بعائلة واحدة ، أما النباتات مغطاة البذور Angiosperms فمثلت بـ 38 عائلة مقسمة إلى نباتات ذوات الفلقتين التي احتوت على 35 عائلة و148 جنسا 212 نوعا 7 ونباتات ذوات الفلقة الواحدة احتوت على 3عوائل و6 اجناس و14 نوع نباتي ، تم تسجيل 9 أنواع نباتية مستوطنة (Endemic)حددت أشكال الحياة Life Form ، حيث كانت أعلى نسبة للنباتات الحولية Therophytes (72%) ثم النباتات نصف الارضية Hemicryptophytes (16%) ثم النباتات الارضية Geophytes (5%) ومن ثم النباتات الطويلة المعمرة Phanerophytes (2%) على التوالي . أما فيما يخص التنوع النباتي بالمنطقة فتراوحت قيمته ما بين (54- 135) نوع بناءا على قانون Species richness (Alpha) وبناءا على قانون(Beta) species turnover فتراوحت القيمة ما بين (23.78-59.47%)، اتضح ان مناطق الحافة الجنوبية الجبل الاخضر بمقارنتها بمناطق الحافة الشمالية اقل تنوعا وكثافة غطاءها النباتي بسبب عاملي المناخ والتضاريس.

المقدمة

يُعرَّف الغطاء النباتي على أنه تجمُّع لأفراد الأنواع النباتية المختلفة التي تنمو معاً في رقعة محددة من الأرض، حيث يتميز كل تجمُّع بصفات ديناميكية ووظيفية وتركيبية خاصة تميزه عن غيره .(Kershaw, 1973) ولهذا الغطاء خصائص نوعية (وصفية) وأخرى كمية، يمكن قياسها بطرق محددة .(Bouran et al., 2002) تنشأ الخصائص النوعية من تداخل الصفات الوظيفية والتركيبية للنباتات، مثل الارتفاع، ولون الأوراق، وحجمها، وشكلها، والتي يمكن وصفها اعتماداً على الشكل الظاهري (Physiognomy) للنبات.

يُعتبر الغطاء النباتي في ليبيا فقيراً مقارنة بالمساحة الشاسعة للبلاد التي تبلغ حوالي 1,760,000 كيلومتر مربع، في حين يُقدّر العدد الإجمالي للأنواع النباتية فيها بحوالي 2013 نوعاً، تتبع 860 جنساً و155 عائلة .(Klopper et al., 2007) ويمثل الشريط الساحلي ما نسبته 5.5% من إجمالي مساحة ليبيا، إلا أنه يُعد الأكثر خصوبة؛ حيث تصل كمية الأمطار الموسمية فيه إلى معدل يتراوح بين 150 و600 مليمتر سنوياً (الهيئة العامة للبيئة، 2010).

يقع جبل الأخضر على امتداد الساحل الشمالي الشرقي لليبيا، بين هضبة مارماريكا من الشرق وسهل بنغازي من الغرب. وتتميز هذه المنطقة بكثافتها النباتية العالية وتنوعها، الذي يشمل مناطق غابية وأراضي عشبية تهيمن عليها نباتات الماكي (Maquis).

أُجريت العديد من الدراسات التاريخية على الغطاء النباتي في ليبيا، منها دراسات مسحية شملت "الفلورا" الليبية (Barratte, 1910; Boulos, 1972; Pampanini, 1914). كما ركزت دراسات أخرى بشكل خاص على نباتات جبل الأخضر (Corti, 1942; Durand & Barratte, 1910; Keith, 1965; (Pampanini, 1931; Viviani, 1824). ومن الدراسات المبكرة أيضاً دراسة (Cella-Della, 1819) التي غطت الشريط الساحلي من طرابلس إلى الحدود المصرية وسجلت 260 نوعاً نباتياً. وفي العصر الحديث، جمع (Boulos, 1972) حوالي سبعة آلاف عينة نباتية من مختلف مناطق ليبيا بين عامي 1962 و1972. ثم تم بين عامي 1976 و1986 توحيد وتنقيح الجهود السابقة في عمل موسوعي أشرف عليه (Gadi & El-Jafri) وضم حوالي 150فصيلة نباتية. واستمرت الأبحاث بعد ذلك، بما في ذلك دراسة (Abusaief, 2013) في منطقة الجبل الأخضر على ساحل المتوسط، والتي سجلت 179 نوعاً نباتياً.

أجرى (Rohlfs, 1881) دراسةً وفرت معلومات شاملة عن الغطاء النباتي في عدة مناطق ليبية، شملت طرابلس، وفزان، وغدامس، والكفرة، وأوجلة، وبرقة، إلى جانب تدوينه قائمة بالأسماء المحلية لبعض النباتات.

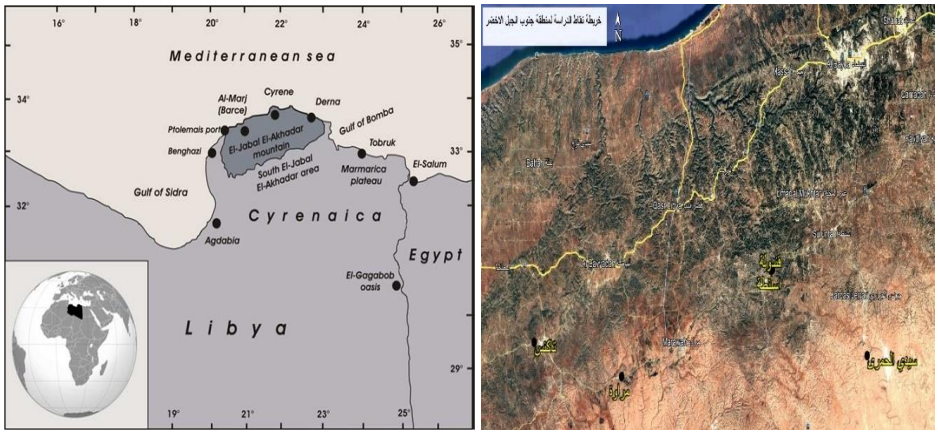
وفي العصر الحديث، أُجريت عدة دراسات على فلورا منطقة الجبل الأخضر، منها دراسة (عسكر، 1998) حول نباتات وادي الإسراء التي سجلت 244 نوعاً نباتياً، ودراسة (الحمادي، 1999) التي جمعت 317 نوعاً نباتياً في وادي أجر. وتُعد منطقة الجبل الأخضر المنطقة الأغنى بالغابات في ليبيا، حيث تُقدر مساحتها بحوالي 566,666 هكتاراً. وتتزايد ظاهرة الجفاف جغرافياً مع الاتجاه جنوباً بعيداً عن الساحل. وقد كانت هذه المنطقة مأهولة بالسكان منذ العصور القديمة، مما جعل الأنشطة البشرية تمثل ضغطاً كبيراً على نباتاتها، وذلك عبر ممارسات مثل التحطيب، والتجارة بالنباتات الطبية، وإزالة الغطاء النباتي لأغراض الزراعة، بالإضافة إلى الرعي الجائر(El-Barasi & Barrani, 2013) .

بشكل عام، تتعرض منطقة الجبل الأخضر لعوامل تدهور متعددة، منها الحرائق المتكررة، والتوسع الزراعي المفرط، والقطع العشوائي للأشجار والشجيرات، والرعي على مدار العام، وغيرها من العوامل البشرية. وتُعد الحرائق من أبرز عوامل تدهور الغطاء النباتي في المنطقة نظراً لقدرتها التدميرية على إزالة الغطاء النباتي واتساع نطاق انتشارها. حيث تُقدر المساحات المحروقة سنوياً في غابات المنطقة بنحو 8000 هكتار تقريباً، وذلك وفقاً لإحصائيات الحرائق للفترة من 1986 إلى 2003 (الحداد، 2004). كما تتعرض منطقة رأس الهلال بدورها للعديد من عوامل التدهور، ولاسيما الحرائق، حيث قُدرت مساحة الغابات المحروقة فيها خلال العقدين الأخيرين بأكثر من 6000 هكتار. وتضم هذه الغابات أنواعاً نباتية متعددة تُعطي تنوعاً في أشكال النمو للمجتمع النباتي في المنطقة، يتمثل في أشجار وشجيرات مثل العرعار، والبطوم، والسدر، والخروب، والشماري، والبلوط، والصنوبر، والقندول، والسخاب. ومن الشجيرات أيضاً: الزهيرة، والإكليل، والشبرق، والبريش، والزعتر، وغيرها.

أما في الحافة الجنوبية للجبل الأخضر، فإن كثافة النباتات تتناقص بسبب الجفاف وتذبذب هطول الأمطار، فضلاً عن وقوعها على مقربة من الصحراء. ونتيجة لذلك، فإن بعض المناطق فيها تُعد فقيرةً من حيث التنوع النباتي، وتغلب عليها النباتات العشبية الحولية والموسمية، التي لا تظهر إلا بعد هطول الأمطار لفترات قصيرة ثم تنتهي دورة حياتها سريعاً. وتُمثل هذه السمة إحدى استراتيجيات النباتات للمقاومة الجفاف في المناطق الجافة وشبه الجافة (Zayed & El-karemy, 1989). ونظراً لندرة الدراسات التي ركزت على هذه المنطقة، جاءت الدراسة الحالية لتقييم الوضع الراهن للغطاء النباتي في الحافة الجنوبية للجبل الأخضر من خلال تحليله بطرق بيئية، وتقييم الأنشطة الطبيعية والبشرية التي تؤثر على كثافة الغطاء النباتي وانتشار التنوع البيولوجي فيها.

المواد وطرق البحث

منطقة الدراسة: تقع منطقة الدراسة في الحافة الجنوبية من الجبل الاخضر، وهي تمثل الطريق الواصل بين منطقتين تانكس واسلطنة حيث تقع بين خطى طول '06 20° إلى '47 20°، ودائرتي عرض '27 32° إلى '33 32°، ويقدر طول المنطقة المدروسة بحوالي 85 كم، مع امتداد عرضي قدره بمتوسط 10 كم، يتراوح الارتفاع في المنطقة ما بين 435 إلى 839 متر فوق مستوى سطح البحر شكل (1).



شكل (1) خريطة منطقة الدراسة.

وتم اختيار خمسة مناطق على طول الطريق الواصل بين تانكس واسلطنة وتحديد خطوط الطول والعرض والارتفاع على مستوى سطح البحر بجهازGPS كما في الجدول (1).

جدول (1) مو اقع مناطق الدراسة.

المنطقة	N	E	الارتفاع عن مستوى سطح البحر(م)
تانكس	N 32 28 59	E 21 06 19.4	448
اسلطنة	N 32 33 19.3	E 21 35 32.3	675
مراوة	N 32 27 2.7	E 21 17 8.4	435
قندولة	N 32 33 23.5	E 21 35 42.5	686
سيدي الحمرى	N 32 28 21	E 21 47 19.5	839

دراسة الغطاء النباتي: تم تقسيم منطقة الدراسة إلى خمسة مواقع مختلفة، اعتمادًا على التدرّد في الارتفاع عن مستوى سطح البحر. لجمع البيانات، تم استخدام طريقة المربعات، حيث أُخذت عينات من مواقع مختلفة باستخدام مربعات بمساحتي 100 م² و25 م². وقد اختلف عدد المربعات في كل موقع تبعًا لكثافة الغطاء النباتي السائد فيه. تمت جمع العينات النباتية خلال عدة رحلات ميدانية مُنفذة في فصل ربيع عام .2024وتم الالتزام خلال عملية الجمع بجميع البروتوكولات والأساليب القياسية المعتمدة لجمع العينات النباتية والحفاظ عليها. لتعريف الأنواع النباتية التي تم جمعها، تم الاعتماد على المراجع العلمية المعتمدة، وهي سلسلة كتيبات الفلورا الليبي (Jafri & El-Gadi, 1976-1989) ، تم حفظ جميع العينات المُجمّعة بشكل دائم في معمل قسم الأحياء بكلية التربية، جامعة بنغازي، لأغراض الأرشيف والدراسات المستقبلية.

التربة: تتباين التربة في منطقة الدراسة حسب موقعها الجغرافي حيث يغلب الشق الطيني على ترب المواقع الجنوبية، تكثر التربة الطينية المحمرة كلما اتجهنا شمالا. والتربة مختلطة بالصخور الجيرية والتي تمثل تربة الجبل الاخضر ويختلف اعماق التربة من مكان الى اخر ويتراوح من 15- 40 سم.

المناخ: تذبذب كمية الامطار في مناطق الدراسة من شهر لأخر ومن سنة إلى أخرى بقل كمية امكار من الجهة الشمالية للجبل ومناخ البحر المتوسط يسود فيها الا ان يكون بارد جدا في شهور الشتاء (ديسمبر -يناير- فبراير) لأنها اعلى مناطق الجبل الاخضر ارتفاعا، حيت تمثل منطقة سيدي الحمري اعلى نقطة فى الجبل الاخضر ارتفاعا حوالي 839 م عن مستوى سطح البحر وتصل درجة الحرارة فيها الى درجة التجمد. ما الاشهر أبريل ومايو ويونيو ويوليو وأغسطس وسبتمبر فتمثل الفصل الجاف الذي يمتد لفترة ستة أشهر فيها وتصل درجات الحرارة اعلى مستوياتها، حيث تنعدم الامطار تقريبا.

دراسة التنوع النباتي: يقدر التنوع النباتي عن طريق حساب غنى الانواع بناء على قانون ((diversity Alpha وذلك بحساب عدد الانواع النباتية لكل موقع، واستخدم قانون (diversity Beta) وذلك بحساب النسبة بين إجمالي عددء الانواع المجمعة من الموقع وإجمالي عدد الانواع المجمعة من منطقة الدراسة بالكامل بناءا (Al-Sodany et al., 2003).

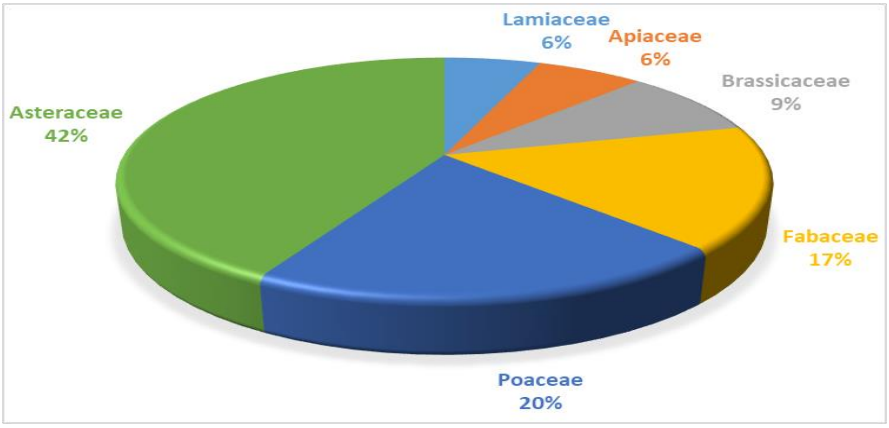
النتائج والمناقشة:

تم تجميع وتصنيف 227 نوعا نباتيا (ملحق 1) من مناطق الحافة الجنوبية هي اسلطنة، سيدى الحمري، قندولة، مراوة وتانكس (جدول 1) و بينت النتائج ان اكبر العوائل النباتية عدد في الانواع وهى Asteraceae، Poaceae، Fabaceae ، Brassicaceae، Apiaceae بنسب على التوالي (29.07% ،14.09% ، 11.45%، 6.16 %، 4.40%) (شكل 2). والعوائل Lamiaceae (9 انواع)، Liliaceae (8 انواع) , 6 انواع لكل من Ranuculaceae، Geraniaceae ، 4 انواع لكل من Plantagiaceae، Polygonaceae، Alliaceae، بقية العوائل النباتية تمثلت بنوع واحد فقط وهى, Rutaceae Rosaceae ،Cuperssaceae Amaryllidaceae Araceae ،Solnaceae ،Linaceae Oxalidaceae،Urticaceae Dipsacaceae ،Ericaceae ،Valeranaceae ،Zygophyllaceae، Thymelaaceae Rhamnaceae، Anacardiaceae، .Euphorbiaceae , Convolulaceae Aizoaceae , Plumbaginaceae ،Fumariaceae

باجراء التحليل العددىanalysis Numerical على الانواع المجمعة لوحظ انها تنتمي الى 155 جنس و39 عائلة، حيث الانواع المجمعة في منطقة الدراسة موزعة على نباتات معرأة البذور بنسبة 0.44 % ونباتات مغطأة البذور بنسبة 6.16% وذوات الفلقتين 93.39% (جدول 2).

جدول (2) المجاميع النباتية فى منطقة الدراسة.

المجاميع النباتية		العوائل	الاجناس	الانواع
معرأة البذور		1	1	1
مغطأة البذور	ذوات الفلقة الواحدةMonocot	3	6	14
	ذوات الفلقتين Dicot	35	148	212
المجموع		39	155	227



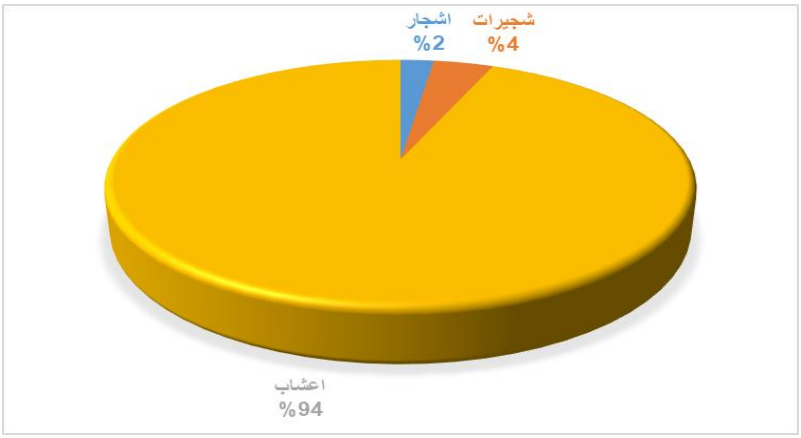
شكل (2) نسب العوائل الاكثرعددا في منطقة الدراسة.

بمقارنة عدد الانواع فى منطقة الدراسة مع نباتات الفلورا الليبية اوضحت النتائج انها تتوافق مع الفلورا الليبية فى ترتيب العوائل الاكثر عددا فى الانواع (جدول 3). وهذا يتوافق مع دراسات السابقة لكل من (Asker,1998)، (Hamedi-Al,1999)، (الجوهري، 2002) ، (عبدالخالق، 2007)، (عبدالهادى، 2009) ، (الهمالى، 2009)، (البرعصي واخرون،2019).

جدول (3) عدد الانواع لعوائل الفلورا الليبية مقارنة بعدد بعض أنواع عوائل منطقة الدراسة مع النسبة المئوية من الفلورا الليبية.

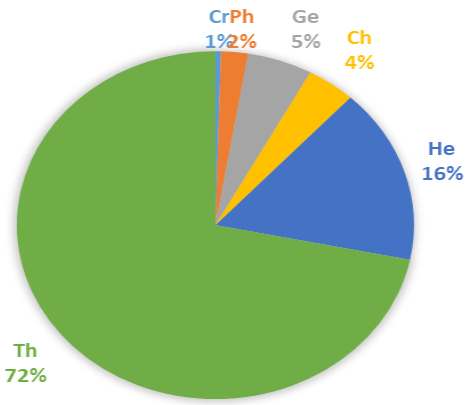
العوائل	عدد الانواع		%
	في ليبيا	في منطقة الدراسة	
Asteraceae	240	66	27.5
Poaceae	228	32	14.03
Fabaceae	200	26	13
Braiscaceae	100	14	14
Apiaceae	75	10	13.3
Lamiaceae	62	9	14.5

تتوزع النباتات المجمعة في مناطق الاربعة فى صورة اعشاب بنسبة عالية جدا ثم شجيرات ثم الاشجار. ويكون السائد فيها الاعشاب سواء الحولية او المعمرة لكون منطقة مرتفعة و اقل امطار و تكون شديدة البرودة في فصل الشتاء مما يؤدى الى موت افراع الشجيرات و الاشجار و الاعشاب المعمرة من الحافة الشمالية التي يغلب عليها كثافة الاشجار و الشجيرات، شكل (3).



شكل (3) اشكال الحياة في منطقة الدراسة.

تم تصنيف جميع الأنواع النباتية التي تم جمعها وفقًا لأشكال نموها باستخدام نظام رانكاير (Raunkiaer, 1934) . أظهر تحليل أشكال الحياة هيمنة واضحة لنباتات "ثيروفيت - (Therophytes) "وهي النباتات الحولية - والتي شكلت النسبة الأعلى (72٪) من إجمالي الغطاء النباتي. وجاءت في المرتبة الثانية نباتات "هيميكريبتوفيت" - (Hemicryptophytes)وهي النباتات المعمرة - بنسبة (16٪)، تليها نباتات "جيوفيت - (Geophytes) "النباتات الأرضية - بنسبة (5٪)ثم نباتات "شاميفيت - (Chamaephytes) "وهي النباتات المعمرة القصيرة - بنسبة (4٪)، وأخيرًا نباتات "فانيروفيت - (Phanerophytes) "وهي النباتات الطويلة المعمرة - والتي مثلت أقل نسبة (1٪). يتم عرض التوزيع الكامل لأشكال الحياة في الجدول 4 والشكل 4.

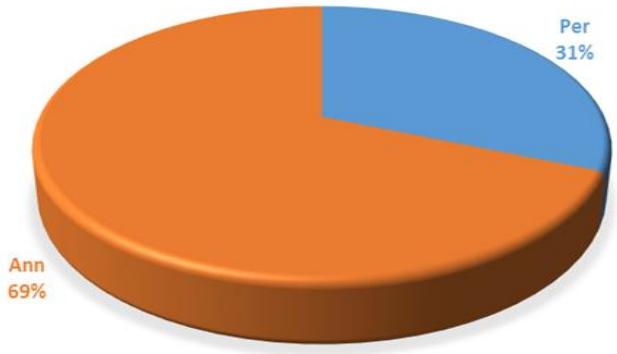


شكل (4) اشكال الحياة Life form للأنواع النباتية في منطقة الدراسة.

اشكال الحياة	عدد الانواع	%
Phanerophytes	05	2
Chamaephytes	09	4
Hemicryptophytes	35	16
Geophytes	14	5
Therophytes	164	72
المجموع	227	-

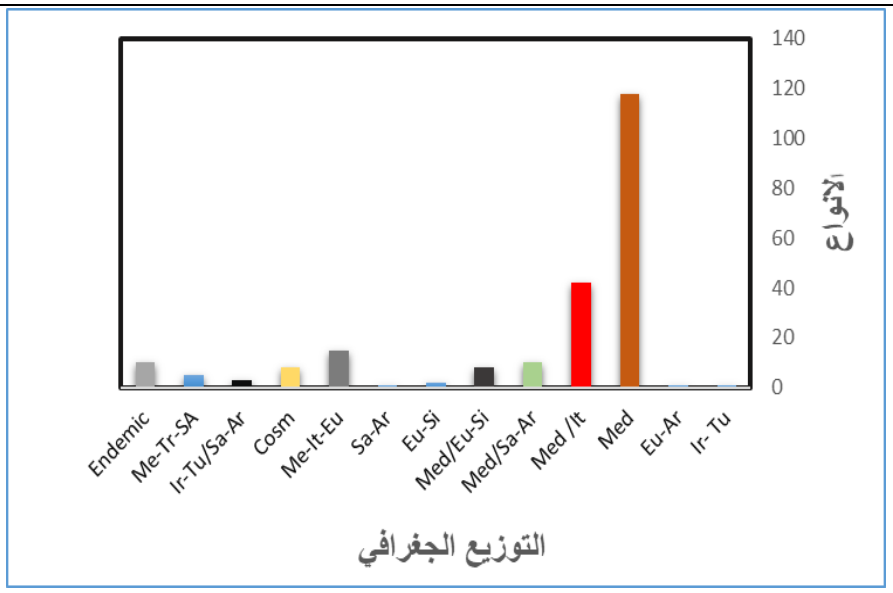
جدول (4) اشكال الحياة وفقا لرونكير في منطقة الدراسة.

لوحظ أن النباتات الحولية أكثر النباتات سيادة في المنطقة وهي التي ترتبط دورة حياتها بالفصل المطير وهذا ما أكده (Cain, 1950)وأن عوامل الطقس هي أحد أهم العوامل التي تؤثر تأثيرا مباشرا على شكل أنماط الحياة وبمقارنة أشكال الحياة بمنطقة الدراسة مع بعض الدراسات السابقة (Asker,1998) ،(Hamedi-Al,1999)، (الجوهري، 2002)، (عبدالخالق، 2007)، (عبدالهادى2009)، (الهمالى، 2009)، (البرعصى واخرون ،2018) اتفقت جميعها على أن السيادة كانت للنباتات الحولية برغم اختلاف النسب ويمكن تفسير ذلك بطول الفترة الجافة خلال السنة حيث تبدأ من شهر ابريل حتى سبتمبر وهذا ما أكده (Whittaker, 1975) حيث ذكر أن النباتات الحولية تسود في المناطق الجافة وشبه الجافة (شكل 5)

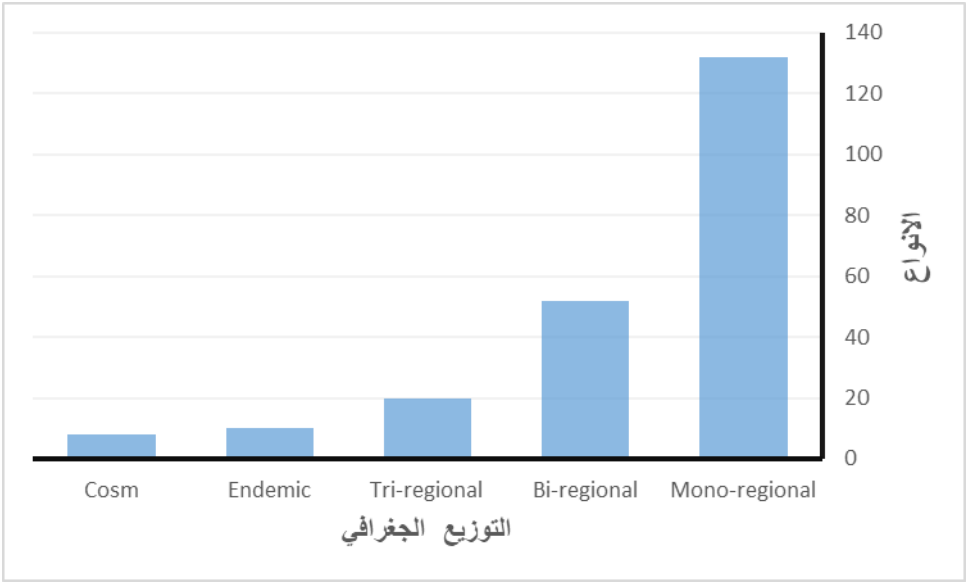


شكل (5) يوضح النباتات المعمرة والحولية في منطقة الدراسة.

أظهرت النتائج هذه الدراسة كما يتضح من شكل (6) سيطرة واضحة لعنصر النباتات المتوسطية في الأنواع البرية المنفردة بنسبة 52.86 % يليه عنصر النباتات Med/It 17.62%، اما بقية العناصر الجغرافية فكانت غير ممثلة منفردة، وهذه النتيجة طبيعية وتتفق مع تداخل المناخ الصحراوي مع مناخ البحر المتوسط في منطقة الدراسة، أما المنطقة الاولى Mono-regional ثم المناطق الثنائية Bi-regional والثلاثية Tri-regional كانت بنسبة 59.47 %24.22, 8.81 %على التوالي (شكل 7).



شكل (6) يوضح Chorotype لمنطقة الدراسة.



شكل (7) يوضح التوزيع الجغرافي للأنواع المدروسة.

تميزت منطقة الدراسة بوجود 9 أنواع نباتية مستوطنة موزعة على 8 عوائل، وتمثل هذه الانواع نسبة (3.52%) من إجمالي عدد الانواع المجمعة إذ تعتبر العائلة المركبة Asteraceae من أكبر العوائل التي احتوت على أنواع مستوطنة فقد تمثلت بـ نوعين مستوطنة (جدول 5) .

جدول (5) الانواع النباتية المستوطنة Endemic في منطقة الدراسة.

العائلة (Family)	الأنواع (Species)
Asteraceae	*Cynara cornigera* L.
	Crepis senecioides Delile subsp. *filiflora*
Plantaginaceae	*Plantago cyrenaica* E.A.Durand & Barratte
Rhamnaceae	*Rhamnus alternus* L.
Araceae	*Arum cyrenaicum* Hruby
Ericaceae	*Arbutus pavarii* Pamp.
Primulaceae	*Cyclamen rohlfsianum* Asch.
Iridaceae	*Romulea cyrenaica* Beguinot
Ranunculaceae	*Ranunculus cyclocarpus* Pamp.

هـذه النسبة من الانـواع تعتبر منخفضة قليلا عـن الـدراسات السابقة لكل مـن(Asker,1998) ، Hamedi-) Al,1999، (الجوهري، 2002) ، (عبدالخالق، 2007) ، (عبدالهادى، 2009) حيث كانت النسبة لكلا منها 5% تقريبا من مجموع النباتات ، وهذا ماجاء به(Gadi-Al,1984) أن النباتات المستوطنة في ليبيا شكلت حوالي 4% من الفلورا الليبية ، تركز حوالي 50% من هذه النباتات في منطقة الجبل الاخضر ،منطقة ذات ظروف مميزة بسبب ارتفاعها عن مستوى سطح البحر بحيث احتوت على هذه النسبة من النباتات المستوطنة.

من خلال دراسة التنوع النباتي سجلت مواقع الحافة الجنوبية للجبل الاخضر أقل تنوعا وهذا نتيجة تأثير بعض المناشط البشرية، والعوامل المناخية حيث يقل معدل سقوط الامطار كلما ابتعدنا عن الساحل وهذا يتفق مع ما ذكره (الجوهري ، 2002) ، (عبدالهادي ، 2009) حيث ذكرا أن عوامل المناخ والتربة والتضاريس لها دورا مهما في توزيع الغطاء النباتي وانتشاره ، أما المواقع الحافة الشمالية فقد كانت أكثر كثافة نباتية و تنوعا (جدول 6).

جدول (6) التنوع النباتى فى مناطق الدراسة.

المنطقة	عدد الانواع المجمعة	Alpha diversity	Beta diversity (%)
اسلطنة	75	75	33.03
قندولة	135	135	59.47
سيدي الحمرى	84	84	37
مراوة	54	54	23.78
تانكس	86	86	37.88

بشكل عام المناشط البشرية بالمناطق تظهر أن هناك اضطراب واضح في النظام البيئي وتدهور الغطاء النباتي الطبيعي ، وتعرية التربة ، وقد يرجع السبب إلى عمليات الرعي الجائر والعشوائي غير المنظم ،و ازالة الاحراش منها و

تذبذب سقوط الامطار فيها و يلاحظ انتشار الاشجار فيها بأعداد قليلة و كثافتها تختلف من منطقة الى اخرى بسبب عامل الارتفاع و المناخ وان منطقة قندولة بها اعلى تنوعا مقارنة بالمناطق المدروسة و منطقة سيدى الحمري بسود فيها الاعشاب الحولية بسبب شدة البرودة فى فصل الشتاء و تتعرض ايضا الاعشاب المعمرة الى اضرار نتيجة البرودة في بعض السنوات ، و يجب اعادة النظام البيئي و الحفاظ على التنوع البيولوجي من خلال عمليات التشجير فيها و وضع ضوابط للعمليات الرعي و خاصة انها اكثر امطار مقارنة بمنطقة الجنوبية للجبل الاخضر.

ملحق (1) قائمة بالأنواع النباتية المجمعة من منطقة الدراسة.

Species	family	Life form	Hibat	Chorotypes
Alyssum minus (L.) Rothm.	Asteraceae	Ann	Th	Me+It
Atractylis serratuloides Cass.	Asteraceae	Ann	Th	Me+It+Es
Artemisia herba-alba Asso	Asteraceae	Ann	Th	Med
Asteriscus pygmaeus (DC.) Coss. & Durieu	Asteraceae	Per	He	Med
Artemisia judaica L. subsp. *sahariensis*	Asteraceae	Ann	Th	Me+Sa
Artemisia campestris L.	Asteraceae	Ann	Th	Me+Tr+Sa
Achillea santolina L.	Asteraceae	Ann	Th	Med
Anacyclus monanthos (L.) Thell.	Asteraceae	Ann	Th	Med
Anthemis secundiramea Biv.	Asteraceae	Ann	Th	Med
Atractylis phazaniae Corti	Asteraceae	Per	He	Med / Sa- Ar
Atractylis cancellata L.	Asteraceae	Per	He	Med / Sa- Ar
Bellis annua L.	Asteraceae	Per	He	Med
Bellis sylvestris Cyr. var. *cyrenaica*	Asteraceae	Per	He	Med
Crepis senecioides Delile subsp. *filiflora*	Asteraceae	Ann	Th	Endemic
Chrysanthemum segetum L.	Asteraceae	Ann	Th	Me+It
Conyza bonariensis (L.) Cronquist	Asteraceae	Per	Ch	Cosm
Cynara cornigera L.	Asteraceae	Ann	Th	Endemic
Conyza canadensis (L.) Cronq.	Asteraceae	Per	He	Med
Calendula arvensis L.	Asteraceae	Ann	Th	Med
Cardaria draba (L.) Desv.	Asteraceae	Ann	Th	Med
Carduus getulus Pomel	Asteraceae	Ann	Th	Med
Carlina sicula Ten.	Asteraceae	Ann	Th	Med
Carex divisa Huds.	Asteraceae	Ann	Th	Med
Carlina lanata L.	Asteraceae	Ann	Th	Med

Cicerbita haimanniana (Ascherson) Beauverd	Asteraceae	Ann	Th	Med
Cichorium endivia L. subsp. *divaricatum*	Asteraceae	Per	Ch	Med
Centaurea alexandrina Delile	Asteraceae	Ann	Th	Med
Centaurea dimorpha Viv.	Asteraceae	Ann	Th	Med
Centaurea cyrenaica Beguinot & Vacc.	Asteraceae	Per	Ch	Med
Centaurea ragusina L.	Asteraceae	Per	Ch	Med
Chlamydophora tridentata (Delile) Ehrenb.	Asteraceae	Ann	Th	Med
Chamomilla aurea (L.) Gay	Asteraceae	Ann	Th	Med
Centaurea calcitrapa L.	Asteraceae	Ann	Th	Med
Carthamus divaricatus Beguinot & Vacc.	Asteraceae	Ann	Th	Med
Carthamus lanatus L.	Asteraceae	Ann	Th	Med
Chrysanthemum coronarium L.	Asteraceae	Ann	Th	Med
Cichorium spinosum L.	Asteraceae	Per	Ge	Med
Cichorium pumilum Jacq.	Asteraceae	Per	Th	Med /Ir-Tu
Dittrichia viscosa (L.) Greuter	Asteraceae	Per	He	Med
Echinops cyrenaicus Durand & Barratte	Asteraceae	Ann	Th	Med
Evax contracta Boiss.	Asteraceae	Ann	Th	Ir-Tu
Eruca longirostris Uechtr.	Asteraceae	Ann	Th	Med
Echinops cyrenaicus Durand & Barratte	Asteraceae	Ann	Th	Med
Echinops galalensis Schweinf.	Asteraceae	Ann	Th	Med
Filago desertorum Pomel	Asteraceae	Ann	Th	Med
Glebionis coronaria (L.) Tzvelev	Asteraceae	Ann	Th	Med
Hyoseris scabra L.	Asteraceae	Ann	Th	Med
Hedypnois cretica (L.) Dum.Cours.	Asteraceae	Ann	Th	Med
Hypochaeris achyrophorus L.	Asteraceae	Ann	Th	Me+It+Es
Hedypnois rhagadioloides (L.) F.W.Schmidt	Asteraceae	Ann	Th	Med
Jasonia glutinosa (L.) DC. (*Jasonia rupestris* Pomel is a synonym)	Asteraceae	Ann	Th	Med
Launaea capitata (Spreng.) Dandy	Asteraceae	Ann	Th	Med
Leontodon tuberosus L.	Asteraceae	Per	He	Med
Lithodora rosmarinifolia (Ten.) L.M.Johnst.	Asteraceae	Ann	Th	Med
Lobularia libyca (Viv.) C.F.W.Meissn.	Asteraceae	Ann	Th	Med
Launaea tenuiloba (Boiss.) O.Kuntze	Asteraceae	Ann	Th	Me+It

Leontodon simplex (Viv.) Widder	Asteraceae	Per	He	Med
Notobasis syriaca (L.) Cass.	Asteraceae	Ann	Th	Med / Ir-Tu
Onopordum espinae Coss. ex Bonnet & Barratte	Asteraceae	Per	He	Med
Onopordum cyrenaicum Maire & Weiller	Asteraceae	Per	He	Med
Pallenis spinosa (L.) Cass.	Asteraceae	Per	He	Med / Ir-Tu
Phagnalon rupestre (L.) DC.	Asteraceae	Per	He	Med / Ir-Tu
Rhagadiolus stellatus (L.) Gaertn.	Asteraceae	Per	He	Sa-Ar /Steppe
Reichardia tingitana (L.) Roth	Asteraceae	Per	He	Ir-Tu /Sa-Ar
Scorzonera undulata Vahl	Asteraceae	Ann	Th	Med
Senecio gallicus Chaix	Asteraceae	Ann	Th	Med
Scolymus hispanicus L.	Asteraceae	Ann	Th	Med
Sonchus asper (L.) Hill	Asteraceae	Per	Ge	Med / Ir-Tu
Urospermum picroides (L.) Scop.	Asteraceae	Ann	Th	Med / Ir-Tu
Aegilops ventricosa Tausch	Poaceae	Ann	Th	Med
Avena barbata Pott ex Link	Poaceae	Ann	Th	Me+It+Es
Avena sativa L.	Poaceae	Ann	Th	Me+It+Es
Avena sterilis L.	Poaceae	Ann	Th	Me+It+Es
Bromus fasciculatus C.Presl	Poaceae	Ann	Th	Ir-Tu /Med
Bromus molliformis Lloyd	Poaceae	Ann	Th	Ir-Tu /Med
Briza maxima L.	Poaceae	Ann	Th	Me+It+Sa
Bromus rigidus Roth	Poaceae	Ann	Th	Med
Bromus diandrus Roth	Poaceae	Ann	Th	Med
Bromus rubens L.	Poaceae	Ann	Th	Med
Brachypodium retusum (Pers.) P.Beauv.	Poaceae	Ann	Th	Me+It
Cynodon dactylon (L.) Pers.	Poaceae	Per	Ge	Ir-Tu /Med/Eu-Si
Cynosurus coloratus Lehm. ex Steud.	Poaceae	Per	Ge	Plur
Dactylis glomerata L.	Poaceae	Per	Cr	Me+IT+Es
Elymus rigidus (Viv.) Runem. ex Greuter & Burdet	Poaceae	Ann	Th	Med
Gastridium ventricosum (Gouan) Schinz & Thell.	Poaceae	Ann	Th	Med

 ISBN 978-9959-891-67-9

Catapodium rigidum (L.) C.E.Hubb. (*Glium murale* is a synonym)	Poaceae	Ann	Th	Me+It
Hordeum vulgare L.	Poaceae	Ann	Th	Cosm
Hordeum murinum L.	Poaceae	Ann	Th	Me+It
Hyparrhenia hirta (L.) Stapf	Poaceae	Per	He	Med
Lagurus ovatus L.	Poaceae	Ann	Th	Med
Lamarkia aurea (L.) Moench	Poaceae	Ann	Th	Med
Lolium loliaceum (Bory & Chaub.) Hand.-Mazz.	Poaceae	Ann	Th	Med
Lolium rigidum Gaudin	Poaceae	Ann	Th	Me+Sa
Lophochloa salzmannii (Boiss.) H.Scholz	Poaceae	Ann	Th	Med
Melica minuta L.	Poaceae	Ann	Th	Med
Parapholis incurva (L.) C.E.Hubb.	Poaceae	Ann	Th	Ir-Tu /Med
Paspalidium geminatum (Forssk.) Stapf	Poaceae	Per	He	Med
Phalaris minor Retz.	Poaceae	Ann	Th	Cosm
Poa bulbosa L.	Poaceae	Per	Ge	Ir-Tu /Med/Eu-Si
Stipa capensis Thunb.	Poaceae	Ann	Th	Ir-Tu /Sa-Ar
Stipa barbata Desf.	Poaceae	Ann	Th	Med
Calendula suffruticosa Vahl	Fabaceae	Ann	Th	Med
Hippocrepis cyclocarpa Murb.	Fabaceae	Ann	Th	Me+It
Hymenocarpos circinnatus (L.) Savi	Fabaceae	Ann	Th	Med
Lathyrus aphaca L.	Fabaceae	Ann	Th	Med
Medicago marina L.	Fabaceae	Per	He	Me+It
Melica minuta L.	Fabaceae	Ann	Th	Med
Medicago polymorpha L.	Fabaceae	Ann	Th	Med/Sa-Ar/ Ir -Tu
Medicago murex Willd.	Fabaceae	Ann	Th	Med
Medicago minima (L.) Bartal.	Fabaceae	Ann	Th	Med
Medicago turbinata (L.) All.	Fabaceae	Ann	Th	Med/ Ir-Tu
Medicago truncatula Gaertn.	Fabaceae	Ann	Th	Med /Sa-Ar/Ir-Tu
Melilotus indicus (L.) All.	Fabaceae	Ann	Th	Med / Ir-Tu
Melilotus sulcatus Desf.	Fabaceae	Ann	Th	Med / Ir-Tu

Onobrychis crista-galli (L.) Lam.	Fabaceae	Ann	Th	Sa-Ar/Med
Ononis hispida Desf.	Fabaceae	Ann	Th	Med
Ononis natrix L.	Fabaceae	Ann	Th	Med
Ononis reclinata L.	Fabaceae	Ann	Th	Med
Ononis viscosa L. subsp. *viscosa*	Fabaceae	Ann	Th	Med
Trifolium campestre Schreb.	Fabaceae	Ann	Th	Med
Trifolium purpureum Loisel.	Fabaceae	Ann	Th	Med
Trifolium scabrum L.	Fabaceae	Ann	Th	Eu-Si/ Med / Ir-Tu
Trifolium tomentosum L.	Fabaceae	Ann	Th	Eu-Si/ Med / Ir-Tu
Trifolium stellatum L.	Fabaceae	Ann	Th	Med / Eu-Si/ Ir-Tu
Trigonella maritima Delile	Fabaceae	Ann	Th	Med /Ir-Tu/Eu-Si
Vicia monantha Retz.	Fabaceae	Ann	Th	Med
Vicia pannonica Crantz	Fabaceae	Ann	Th	Med
Biscutella didyma L.	Brassicaceae	Ann	Th	Med / Ir-Tu / Eu-Si
Brassica tournefortii Gouan	Brassicaceae	Ann	Th	Med
Capsella bursa-pastoris (L.) Medik. var. *rubella* (Reut.) Rapin	Brassicaceae	Ann	Th	Cosm
Cardaria draba (L.) Desv.	Brassicaceae	Ann	Th	Eu-Si /Med
Carrichtera annua (L.) DC.	Brassicaceae	Ann	Th	Med / Ir
Didesmus aegyptius (L.) Desv.	Brassicaceae	Ann	Th	Med
Enarthrocarpus pterocarpus (Pers.) DC. var. *pterocarpus*	Brassicaceae	Ann	Th	Med
Eruca longirostris Uechtr.	Brassicaceae	Ann	Th	Med / Sa-Ai
Eruca sativa Mill.	Brassicaceae	Ann	Th	Med / Sa-Ai
Matthiola longipetala (Vent.) DC. subsp. *longipetala*	Brassicaceae	Ann	Th	Eu-Ar
Matthiola parviflora (Schousb.)	Brassicaceae	Ann	Th	Med
Rapistrum rugosum (L.) All.	Brassicaceae	Ann	Th	Med / Ir-Tu
Sinapis alba L.	Brassicaceae	Ann	Th	Euro

Sinapis flexuosa Poir.	Brassicaceae	Ann	Th	Med
Sisymbrium irio L.	Brassicaceae	Ann	Th	Med / Ir-Tu
Ammoides pusilla (Brot.) Breistr.	Apiaceae	Ann	Th	Med
Bupleurum odontites L.	Apiaceae	Ann	Th	Med
Bupleurum semicompositum L.	Apiaceae	Ann	Th	Med
Coriandrum sativum L.	Apiaceae	Ann	Th	Cosm
Eryngium campestre L.	Apiaceae	Ann	Th	Med / Eu-Si
Foeniculum vulgare Mill.	Apiaceae	Ann	Th	Med
Malabaila suaveolens (Delile) Coss.	Apiaceae	Per	He	Africa
Pseudorlaya pumila (L.) Grande	Apiaceae	Ann	Th	Med /Eu-Si
Thapsia garganica L.	Apiaceae	Per	Ch	Euro/ Med
Torilis nodosa (L.) Gaertn.	Apiaceae	Ann	Th	Med / Ir-Tu
Ajuga iva (L.) Schreb.	Laminaceae	Per	He	Med/ Ir-Tu
Phlomis floccosa D.Don	Laminaceae	Per	Ph	Me+IT
Marrubium alysson L.	Laminaceae	Per	He	Med
Marrubium vulgare L.	Laminaceae	Per	He	Med/Ir-Tu
Salvia lanigera Poir.	Laminaceae	Ann	Th	Med / Euro
Salvia verbenaca L.	Laminaceae	Per	He	Med/ Ir
Salvia spinosa L.	Laminaceae	Per	He	Med/ Ir
Teucrium apollinis Maire & Weiller	Laminaceae	Ann	Th	Med/Ir-Tu
Thymus capitatus (L.) Hoffm. & Link	Laminaceae	Per	Ch	Med
Asphodelus microcarpus Salzmann & Viv.	Liliaceae	Per	Ge	Med
Androcymbium gramineum (Cav.) J.F.Macbr.	Liliaceae	Per	Ge	Med
Asparagus acutifolius L.	Liliaceae	Per	Ge	Med
Asparagus aphyllus L.	Liliaceae	Per	Ge	Med
Asparagus stipularis Forssk.	Liliaceae	Per	Ge	Med
Bellevalia sessiliflora (Viv.) Kunth	Liliaceae	Per	Ge	Med
Drimia autumnalis (L.) Stearn (*Urginea autumnalis* (L.) El-Gadi)	Liliaceae	Per	Ge	Med
Drimia maritima (L.) Stearn (*Urginea maritima* (L.) Baker)	Liliaceae	Per	Ge	Med
Adonis dentata Delile	Ranunculaceae	Ann	Th	Med / Ir-Tu
Adonis microcarpa DC.	Ranunculaceae	Ann	Th	Med / Ir-Tu
Delphinium halteratum Sm.	Ranunculaceae	Ann	Th	Med

Ranunculus asiaticus L.	Ranunculaceae	Per	He	Med / Ir-Tu
Ranunculus cyclocarpus Pamp.	Ranunculaceae	Ann	Th	Endemic
Ranunculus paludosus Poir.	Ranunculaceae	Per	He	Eu-Si /Med
Geranium barbatum (L.) L'Hér. (*G. barutium* is likely a misspelling)	Geraniaceae	Ann	Th	Med -Ir-Tu
Erodium malacoides (L.) L'Hér.	Geraniaceae	Ann	Th	Eu-Si
Erodium neuradifolium Delile	Geraniaceae	Ann	Th	Ir- Tu /Med/Eu-Si
Erodium moschatum (L.) L'Hér.	Geraniaceae	Ann	Th	Med
Geranium molle L.	Geraniaceae	Ann	Th	Med / Ir-Tu
Geranium rotundifolium L.	Geraniaceae	Ann	Th	Eu-Si/ Med
Plantago cyrenaica E.A.Durand & Barratte	Plantaginaceae	Ann	Th	Endemic
Plantago lagopus L.	Plantaginaceae	Ann	Th	Med/ Ir-Tu
Plantago lanceolata L.	Plantaginaceae	Per	He	Med / Ir- Tu/ Sa-Ar
Plantago phaeostoma Boiss. & Heldr.	Plantaginaceae	Ann	Th	Med /Eu-Si
Emex spinosa (L.) Campd.	Polygonaceae	Ann	Th	Med / Ir
Polygonum aviculare L.	Polygonaceae	Ann	Th	Med/ Euro
Polygonum equisetiforme Sm.	Polygonaceae	Ann	Th	Plu
Rumex vesicarius L.	Polygonaceae	Ann	Th	Med / Eu-Si
Allium longanum Pamp.	Alliaceae	Per	Ge	Med
Allium erdelii Zucc.	Alliaceae	Per	Ge	Med
Allium nigrum L.	Alliaceae	Per	Ge	Med
Allium roseum L.	Alliaceae	Per	Ge	Med
Allium longanum Pamp.	Alliaceae	Per	Ge	Med
Linaria virgata (Poir.) Desf.	Scrophulariaceae	Ann	Th	Med / Ir-Tu
Scrophularia canina L.	Scrophulariaceae	Per	He	Med/ Sa-Ar
Verbascum sinuatum L.	Scrophulariaceae	Per	He	Med
Euphorbia falcata L.	Euphorbiaceae	Ann	Th	Trop
Euphorbia helioscopia L.	Euphorbiaceae	Ann	Th	Med / Eu-Si
Euphorbia peplus L.	Euphorbiaceae	Ann	Th	Sud
Silene apetala Willd.	Caryophyllaceae	Ann	Th	Cosm
Spergula fallax (Lowe) E.H.L.Krause	Caryophyllaceae	Ann	Th	Med
Convolvulus althaeoides L.	Convolvulaceae	Per	He	Med

Convolvulus humilis Jacq.	Convolvulaceae	Per	He	Med
Herniaria hemistemon J.Gay	Illecebraceae	Ann	Th	Med
Paronychia arabica (L.) Lam.	Illecebraceae	Ann	Th	Med / Ir- Tu
Gynandriris sisyrinchium (L.) Parl.	Iridaceae	Per	Ge	Med
Romulea cyrenaica Beguinot	Iridaceae	Per	Ge	Endemic
Cistus salvifolius L.	Cistaceae	Per	Ch	Med / Ir
Cistus parviflorus Lam.	Cistaceae	Per	Ch	Med
Anagallis arvensis L. var. *caerulea* (L.) Gouan	Primulaceae	Ann	Th	Med
Cyclamen rohlfsianum Asch.	Primulaceae	Per	Ge	Endemic
Aizoon hispanicum L.	Aizoaceae	Ann	Th	Ir- Tu /Med/Eu-Si
Limonium tubiflorum (Delile) Kuntze	Plumbaginaceae	Per	He	Med
Fumaria densiflora DC.	Fumariceae	Ann	Th	Eu-Si
Scabiosa monspeliensis Jacq.	Dipsacaceae	Ann	Th	Med
Arbutus pavarii Pamp.	Ericaceae	Per	Ph	Endemic
Fedia caput-bovis (Pomel) Maire	Valerianaceae	Ann	Th	Med
Peganum harmala L.	Zygophyllaceae	Per	He	Med / Ir-Tu
Thymelaea hirsuta (L.) Endl.	Thymelaeaceae	Per	He	Med-Sa
Haplophyllum tuberculatum (Forssk.) A.Juss.	Rutaceae	Ann	Th	Med
Urtica pilulifera L.	Urticaceae	Ann	Th	Cosm
Oxalis pes-caprae L.	Oxalidaceae	Per	He	Plu
Linum strictum L. var. *spicatum* Pers.	Linaceae	Ann	Th	Med
Lycium europaeum L.	Solanaceae	Ann	Th	Med
Arum cyrenaicum Hruby	Araceae	Per	Ge	Endemic
Narcissus tazetta L.	Amaryllidaceae	Per	Ge	Med
Juniperus phoenicea L.	Cupressaceae	Per	Ph	Med
Sarcopoterium spinosum (L.) Spach	Rosaceae	Per	Ch	Med
Pistacia lentiscus L.	Anacardiaceae	Per	Ph	Med
Rhamnus alternus L.	Rhamnaceae	Per	Ph	Endemic

المصادروالمراجع:

البرعصى، يعقوب، منعم البراني، ربح عثمان و صباح الحاسي (2018) دراسة الفلورا و الغطاء النباتى للمنطقة الشبه الصحراوية الممتدة بين مدينتى سلوق و الابيار – المرتفع الاولى من الجبل الاخضر – ليبيا، المؤتمر العلمي الرابع للبيئة و التنمية المستدامة بالمناطق الجافة و شبه الجافة ، جامعة اجدابيا ، ليبيا.

التقرير الوطنى الرابع حول تنفيذ اتفاقية التنوع الحيوي (2010) الهيئة العامة للبيئة، طرابلس، ليبيا.

الجوهري، أحمد أمبارك حامد (2002) دراسة بيئية تصنيفية للغطاء النباتي في وادي زازه. رسالة ماجستير، قسم علم النبات، كلية العلوم، جامعة قاريونس، بنغازي.

الحداد، صالح حمد (2004) مقدرة الغطاء النبايى الطبيعى على التجديد بعد تعرضه للحرائق بمنطقة الجبل الاخضر، رسالة الماجستير، أكاديمية الدراسات العليا فرع بنغازي. منشورات جامعة حلب، كلية الزراعة، سوريا.

عبد الخالق، يونس محمود (2007) دراسة الغطاء النباتي لمرتفعات الباكور، بالجبل الأخضر. رسالة ماجستير، قسم علم النبات، كلية العلوم، جامعة قاريونس، بنغازي.

عبد الهادي، الناجي فرج محمد (2009) دراسة الغطاء النباتي والرصيد البذري في المنطقة الممتدة من جنوب المرج إلى وادي الخروبة. رسالة ماجستير، قسم علم النبات، كلية العلوم، جامعة قاريونس، بنغازي.

الهمالي، مبروكة سليمان محمد (2009) دراسة النباتات الزهرية والغطاء النباتي لوادي البرابيس، رسالة ماجستير، قسم علوم وهندسة البيئة، أكاديمية الدراسات العليا، بنغازي.

Al-Hamedi, R. I. (1999). *Floristic and ecological study of Wadi Al-Agar (Al-Jabal Al-Akhdar – Libya)* [Master's thesis, Garyounis University].

AL-Juhary, A. M. (2002). *Ecological and floristic studies of Wadi Zazha (Al-Jabal Al-Akhdar – Libya)* [Master's thesis, Garyounis University].

Ali, S., El Gadi, A. A., & El Jafri, S. M. H. (Eds.). (1976-1989). *Flora of Libya* (Vols. 1-145). Department of Botany, Tripoli University.

Asker, A. M. (1998). *Vegetation and flora of Wadi Al-Asrha (Al-Jabal Al-Akhdar – Libya)* [Master's thesis, Garyounis University].

Boulos, L. (1972). Our present knowledge on the flora and vegetation of Libya: Bibliography. *Webbia, 26*(1), 365–400.

Bouran, A., & Damhoureyeh, S. (2000). *Ecological methods for field and laboratory investigation*. University of Jordan, Faculty of Science.

Corti, R. (1942). *Flora e vegetazione del Fezzan e della regione di Gat*. Reale Società Geografica Italiana.

Della Cella, P. (1819). *Viaggio da Tripoli di Barberia alle frontiere occidentali dell'Egitto*. Genova.

Durand, E., & Barratte, G. (1910). *Florae Libycae prodromus, ou catalogue raisonné des plantes de Tripoli*. Geneva.

El-Barasi, Y. M., & Barrani, M. W. (2013). Land deterioration of a semi-desert grazing area in the north-eastern zone of Libya (Cyrenaica). *Journal of Environmental Science and Engineering B, 2*, 357–373.

Kershaw, K. A. (1973). *Quantitative and dynamic plant ecology* (2nd ed.). William Clowes and Sons.

Kheith, H. G. (1965). *A preliminary check list of Libyan flora*. Ministry of Agriculture.

Klopper, R. R., Gautier, L., Chatelain, C., Smith, G. F., & Spichiger, R. (2007). Floristics of the angiosperm flora of sub-Saharan Africa: An analysis of the African Plant Checklist and Database. *Taxon, 56*(1), 201–208.

Raunkiaer, C. (1934). *The life forms of plants and statistical plant geography*. Oxford University Press.

Rolfs, G. (1881). Reise nach Kurta und Bashrei Bung der Oase. *Mitteilungen der Afrikanischen Gesellschaft in Deutschland, 2*, 17–39.

Viviani, D. (1824). *Florae Libycae specimen*. Ex Typographia Genua.

Zayed, K. M., & El-Karemy, A. R. (1989). Vegetation between Taif and El-Shafa highland (Asir mountains, Saudi Arabia). *Feddes Repertorium, 100*(11–12), 661–670.

Study of the Vegetation of the Southern Edge Green Mountain – Eastern Libya

Abd El-nasser saied al borki

Department of Biology, Faculty of Education, University of Benghazi, Libya.

Abstract

The study aimed the southern side area of the Al-Akhdar Mountainous extending from the Slonta to Taknis, where the flora of the studied area was represented by 227 plant species belonging to 155 genera and included 39 plant families. The gymnosperms were represented by one family, while the angiosperms were represented by 38 families. The dicotyledonous plants included 35 families, 148 genera, and 212 species, while the monocotyledonous plants included 3 families, 6 genera, and 14 plant species. Nine types of endemic plant species were recorded, determining their life forms, with the highest percentage being annual plants (Therophytes) at 72%, followed by semi-terrestrial plants (Hemicryptophytes) at 16%, then terrestrial plants (Geophytes) at 5%, and finally long-lived plants (Phanerophytes) at 2%, respectively. As for the plant diversity in the region, its values ranged between 54 and 135 species based on the Species Richness (Alpha) law, and according to the Species Turnover (Beta) law, the value ranged between 23.78% and 59.47%. It was evident that the southern edge of the Green Mountain region is less diverse and has a lower density of vegetation cover compared to the northern edge due to climatic and topographical factors.

Keywords: Green Mountain; Libyan flora; life forms; plant diversity; vegetation.

The First Scientific Conference of the Faculty of Science – Sirte University
Environmental Pollution and Challenges of Environmental Sustainability (EPESC), June 14–15,

استخدام بعض المستخلصات النباتية كمبيدات صديقة للبيئة لمكافحة (سوس الدقيق) خنفساء الدقيق المشابهة (duVal) *Tribolium confusum* (*Coleoptera: Tenebrionidae*)

سارة علي عبد السلام[1]، حسن علي محمد[1]، مفتاح عمر علي[2]، فاطمة عبد السلام
[1]قسم علوم البيئة، كلية العلوم، جامعة سرت، ليبيا
[2]قسم علم النبات، كلية العلوم، جامعة سرت، ليبيا
[3]قسم الكيمياء، كلية العلوم، جامعة سبها، ليبيا

Corresponding Author Email: sara.ali.1986@su.edu.ly

Article History:

Received: 09 March 2025

Revised: 15 May 2025

Published: 15 July 2025

الكلمات المفتاحية: المستخلصات النباتية؛ خنفساء الدقيق المتشابهة؛ مبيدات صديقة للبيئة.

ملخص البحث: أجريت دراسة لتقييم فاعلية ثلاثة أنواع من المستخلصات (الهكساني والايثانولي والمائي) لأربعة أنواع نباتية محلية في الحماده الحمراء سرت بليبيا (الحرمل والدرياس والاكليل والبربش) في مكافحة طوري الحشرة المختبرة (الطور اليرقي والطور البالغ) بطريقتين) طريقة الملامسة المباشرة بين طوري الحشرة والمستخلص النباتي وطريقة التبخير للمستخلص النباتي). بينت النتائج أن للمستخلصات النباتية الأثر السام والفعال على يرقات وبالغات الحشرة محل الدراسة وازدادت السمية مع زيادة فترة التعريض (الزمن) والتركيز، حيث كانت الأطوار اليرقية الأكثر تأثرًا من الأطوار البالغة وكان المستخلص الهكساني الأكثر سمية من المستخلص الإيثانولي الذي كان الأكثر سميه بدوره من المائي بصرف النظر عن نوع النبات المستخدم، وكان نبات الحرمل الأكثر في التأثير تبعه بعد ذلك نبات الدرياس ومن ثم نبات الاكليل أما نبات البربش الذي كان له التأثير الأقل مع جميع المستخلصات النباتية، وكان لطريقتي التبخير والملامسة الأثر السام في التأثير على الاطوار اليرقية والاطوار البالغة لحشرة خنفساء الدقيق المتشابهة.

10. المقدمة

تهدف خطة التوسع في إنتاج الحبوب ومنتجاتها الغذائية في ليبيا إلى الإكتفاء الذاتي وحماية الفائض أو المخزون من الإصابة بآفات وأمراض المخازن وهذا لا يقل أهمية عن عمليات الإنتاج نفسها ولذلك أصبح من الضرورة أن تشمل خطة

تحسين الإنتاج على أساليب تطور وسائل التخزين والمخازن واتخاد الإجراءات الوقائية والعلاجية التي تضمن تخفيض العدد الناشئ عن فتك هذه الآفات إلى أقل ما يمكن.

تعتبر حشرات الحبوب المخزونة بالرغم من صغر حجمها وقلة إمكانياتها الدفاعية، من أقوى الآفات وأشدها خطورة على منتجات الشعوب من الحبوب، والتي لها أثر كبير على إقتصاديات البلاد بما تحدثه من خسائر كبيرة على الحبوب والمواد الغذائية التخزينية.

قد أصبح الكثير من المختصين في مجال التخزين والوقاية على دراية بما تحدثه خنافس الطحين spp *Triboluim* من أضرار للمادة التي تتغذى عليها وتمكث فيها فترة من الوقت خصوصاً مادة الطحين مما يقلل من لزوجة العجين فيما بعد(السبعاوي، 2008) التي تكتسب نتيجة الإصابة بهذه الحشرات رائحة وطعم ولون غير طبيعي فضلاً عن العفونة التي تبقى مرافقة له حتى بعد تعرضه لدرجات عالية أثناء عمليات التصنيع للخبز والمعجنات الأخرى، وتشمل الأضرار التي تحدثها الخنافس مجموعة من الصفات التي تحدد صلاحية الطحين والمواد المصنعة منه للإستهلاك البشري كنقص البروتين والنشا والمعادن المختلفة الموجودة في الطحين (محمد، 2012) كما أن التغذي على الطحين المصاب بخنافس الطحين يؤدي إلى نقص مناعة الجسم.(Elhassaneen, and Abd El-Moaty, 2003).

استخدمت الكثير من المواد الكيميائية في مكافحة حشرات الحبوب والمواد المخزونة ونظراً لما لها من تأثير على النظام البيئي من ثلوث وأضرار على الكائنات الاخرى لجأ الإنسان إلى بدائل أمنة في مكافحة الآفات حيث كانت المستخلصات النباتية أهم هذه البدائل بوصفها وسيلة مكافحة ناجحة وفعالة لصفاتها المرغوب فيها كونها مركبات سريعة التحلل وذات فعالية عالية ضد الحشرات الضارة وضرر قليل على الإنسان والحيوان والبيئة (Petrson وآخرون، 2008) لذلك أجريت حديثاً العديد من الدراسات حول استعمال أجزاء النباتات والتي تعمل مانعات لتغذية الحشرات أو طاردات لها أو منظمات ومثبطات نمو للحشرات (Moustafa, 1999).

بدأ استخدام المستخلصات النباتية كمبيدات حشرية بشكل تجاري وواسع منذ عام 1852حيث استخدام النيكوتين المستخلص من نبات *Nicotiana tabacum*، الروتينون المستخرج من نبات *Lonchocarpus sp* والبيرثيرم من أزهار *Chrysanthemum cinerariaefolium* (Golob et al., 1999).

وفي دراسة على نبات الكركم *Curcuma Longa* بينت أن الزيوت الاساسية لها تأثير إبادي على وضع البيض وفقسه بمعدل 80% عند تركيز 5.2 ملغم / سم. (Tripathi et al,.2002).

في دراسة معملية لاختبار تأثير المساحيق النباتية (للبذور والأوراق) للنباتات كونوكربس *Concarpus erectus*، الكافور *Cinnamomum camphora*، الحبة السوداء *Nigella sativa*، الترمس *Lupinus termis* ، حب الرشاد *Lepidium sativum*، الينسون *Pimpinella anisum* ،غاف(الموسكين) *Prosopis* juliflor، والحلبة *rigonella foenumgraecum* ضد بالغات خنفساء الدقيق الصدئية خنفساء سورينام وذلك بخلطها مع القمح عند تراكيز 0.5 ، 1.0، 2.5 % وتسجيل نسب الموت بعد 3 و7 و14 يوماً من بدء المعاملة لم تظهر هذه المساحيق أي تأثيرات مميتة على خنفساء الدقيق الصدئية حتي بعد أسبوعين من المعاملة باستثناء مسحوق *Trigonella foenum-graecum* عند تركيز2.5%، والذي أحدث موت3.71% بعد أسبوعين من المعاملة واظهر مسحوق نبات *Cinnamomum camphora* عند تركيز2.5% تأثير طارد ضد خنفساء الدقيق الصدئية والذي بلغ (58.74%) وذلك بعد مرور 24 ساعة من المعاملة وعلى النقيض من ذلك أظهرت مساحيق *L.termis* ، *P.anisum* ، *T.foenum-graecum* تأثيرات جاذبة لهذه الحشرة. (AL – Jaber, 2003).

أظهرت دراسة لمستخلصات المركبات القلويدية الخام لأزهار القرنفل *Dianthus caryophyllus* إن هذه المستخلصات قد تسببت في قتل الأطوار المختلفة لخنفساء الدقيق المتشابهة *T.confusum* الأعراجي وياسين (2012) .

في دراسة على التأثير السام للمستخلص الإيثانولي لثمار الفلفل الاسود وثمار الفلفل الأحمر وبذور الحبة السوداء ولحاء نبات القرفة والبراعم الزهرية لنبات القرنفل وأوراق نبات النعناع وثمار نبات الثوم وبذور الكمون على بالغات خنفساء الدقيق الصدئية *T. castenum* بعد 24 و48 ساعة و7 أيام من المعاملة، بأن المستخلصات المستخدمة كان لها تأثير معنوي على نسب الموت للبالغات وكان المستخلص الإيثانولي لنبات القرنفل الأعلى سمية يليه مستخلص الثوم ثم مستخلص الفلفل الأحمر والأسود أما مستخلص القرفة والكمون كانا الأقل سمية. الدليمي وإسماعيل (2017). نتيجة لما تقدم هدفت الدراسة الحالية مكافحة خنفساء الدقيق المتشابهة بواسطة مستخلصات نباتية كمبيدات صديقة للبيئة من نباتات الحرمل *Peqanum harmala* الدرياس *Thapsia gagania*، الإكليل *Rosemerinus officinalis* والبربش *Cistus* salvifolius (أرطيبة، 2005).

6. الإطار النظري

2,1دراسة المستخلصات النباتية المختبرة:

النباتات الطبية هي مجموعة كبيرة تحتوي على ما يقارب (300) جنسًا معروفة منذ القدم للاستخدام الطبي للنباتات وازداد في الآونة الأخيرة استخدامها، وأفادت منظمة الصحة العالمية (WHO) إن ما يقارب 80% من سكان العالم يعتمدون على النظام الطبي التقليدي لبعض جوانب الرعاية الصحية الأولية مع ذلك أفادت الدراسات العلمية أن هناك العديد من المركبات داخل النبات التي يمكن أن يكون لها أثار سامة (الهيئة العامة للبيئة، 2010).

2.2 نبات الحرمل (*Peganum harmala*)

صورة رقم (1) نبات الحرمل

يتشر نبات الحرمل على نطاق واسع في أسيا الوسطى وشمال أفريقيا والشرق الأوسط ويستخدم كعامل مسكن ومضاد للالتهابات من النباتات البرية والعطرية ينتمي نبات الحرمل *إلى* العائلة *Zygophylaceae* يمكن أن تصل جدور النباتات الى عمق 6 متر وتزهر النباتات بزهور بيضاء وتوجد البذور في كبسولات حيث تحتوي كل كبسولة على ثلاث غرف تحوي أكثر من 50 بذرة كما هو موضح في الصورة رقم (1). تحوي بذور الحرمل على نسبة عالية من المركبات الفعالة خصوصًا المواد القلويدية كما تحوي بذور الحرمل على مركبات تربينية تكون بهيئة زيوت طيارة وزيوت ثابتة الفعالية كمضاد للجراثيم والفطريات وفي معالجة الالتهابات الجلدية وعلاج السرطان (الدجوى، 1996).

2.3 نبات الدرياس (Thapsia *gerganica*)

صورة رقم(2) نبات الدرياس

ينتمي نبات الدرياس إلى الفصيلة الخيمية Apliceae نبات عشبي ينمو قائمًا يتراوح ارتفاعه ما بين 30-250سم، الجذر درني، الساق أسطوانية جوفاء عند نضجها، الأوراق كثيرة التفصص الأزهار بيضاء شاحبة والثمار قرصية مجنحة صفراء اللون مرتبة في نورات خيمية مركبة كما هو موضح في الصورة رقم (2). يحتوي النبات على زيت طيار ومادة الرسين والفينولات والتانينات والفلافونيدات ومواد مضادة للأكسدة، يستعمل النبات في علاج الروماتيزم (الدجوى، 1996).

2.4 نبات الاكليل (*Rosemarinus officinalis*)

صورة رقم(3) نبات الاكليل

ينتمي نبات إكليل الجبل *Rosemarium* الى العائلة الشفوية التي تسمى غالبا بعائلة النعناع نبات شجيري معمر، دائم الخضرة، يبلغ إرتفاعه من 1 إلى 2 متر، أوراقه صغيرة إبرية الشكل وتخرج الأوراق من الساق في مجموعات ، تتكون كل مجموعة من ثلاث ورقات، والأوراق تخرج منها رائحة عطرية عند فركها أوحرقها ، الأزهار لونها بنفسجي يميل الى الزرقة كما هو موضح في الصورة رقم (3)، يعد نبات إكليل الجبل غنيًا بالزيوت الطيارة التي تكسبه طعما ورائحة ويتكون الزيت الطيار من التربينات مثل ألفا وبيتا والكامفين والليمونين ، والسنيول والكامفور، واللينالول، والفربينول ومادة البورنيول التي تكون المكون الاساسي للزيت الطيار كما تحتوي على راتنجات وتانينات ومواد مرة. يرجع الاستخدام الطبي لنبات الاكليل منذ العصور القديمة كمهدئ للجهاز الهضمي والعصبي وطارد للغازات وفي صناعة الاغذية والمشروبات ومواد التجميل (الدجوى، 1996).

2.5نبات البريش (*Cistus salvifolius*)

صورة رقم (4) نبات البريش

ينتمي نبات البريش الى عائلة *Cistaceae* من النباتات دائمة الخضرة كم هو موضح في الصورة رقم (4) التي تنمو في حوض البحر الأبيض المتوسط في المناطق الجبلية يحتوي النبات على زيت طيار والفينولات والتانينات والفلافونيدات ومواد مضادة للأكسدة، هو نبات شعبي يستعمل منذ العصور القديمة يستعمل النبات في علاج الروماتيزم ومضاد للميكروبات وعلاج للإسهال (الدجوى، 1996).

3 جمع وتربية الحشرة: -

استخدمت في هذه الدراسة حشرة خنفساء الطحين المتشابهة *Tribolium confusum* (*Coleoptera: Tenebrionidae*) علمًا بأن هذه الحشرة سلالة حساسة حيث ثم تربيتها لمدة عامين داخل المعمل بعيدًا عن المبيدات والمؤثرات الخارجية قبل هذه الدراسة. وكانت عملية التربية كالاتي: -

لغرض الحصول على الحشرة المختبرة (خنفساء الطحين المتشابهة *T. confusum*) بكل أطوارها تم تهيئة قناني زجاجية ذات أبعاد (8 ×15) ووضع ربع كيلو جرام من الطحين الأبيض بعد تعقيمه في الفرن على درجة 80 مْ لمدة ساعة ونصف مخلوط بخميرة البيرة بنسبة (1:10) في كل قنينة ، ثم وزن كل قنينة، ووضع (5) أزواج من الحشرات البالغة الحديثة وتمت تغطيتها بقماش وإحكام الاغلاق بأحزمة مطاطية ووضِعت في الحضان على درجة حرارة (26مْ) ورطوبة نسبية (60-70 %) ثم ضبطه باستخدام محلول هيدروكسيد البوتاسيوم المشبع في الماء المقطر (الأعراجي وياسين، 2012).

4- التجارب المعملية لمكافحة الحشرة

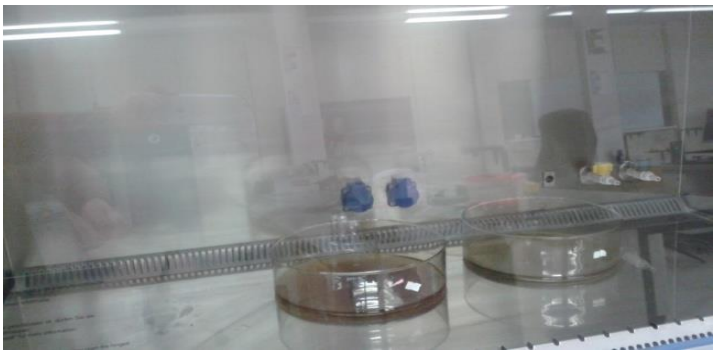
4.1- تحضير المستخلصات النباتية

جُمعت أوراق من نباتات الحرمل والدرياس والاكليل والبريش من منطقة الحمادة سرت) لعام 2024-2025، وبعد اكتمال عملية الجمع، ثم تنظيفها من الأتربة والأجزاء التالفة، ثم تجفيفها على درجة حرارة الغرفة لمدة 15 يوم، مع التقليب المستمر ثم طحن الاوراق النباتية بواسطة مطحنة كهربائية، ومن ثم وضعت المساحيق في أكياس نايلون وحفظت في الثلاجة بدرجة 4 مْ لحين إجراء عملية الاستخلاص. (Amer & AlMabrouk, 2013). كما يعتبر الاستخلاص باستخدام المذيبات(Solvents Accelerated (Extraction من أكثر الطرق الشائعة في تحضير المستخلصات النباتية وذلك باستخدام مذيبات مختلفة القطبية ، حيث تم وزن 200 جرام من المسحوق النباتي الجاف لكل من العينات النباتية كل

على حدا ووضِع مسحوق كل عينة نباتية في وعاء زجاجي وأضيف إليها مقدار 500 ملي من الماء المقطر كما هو موضح في الشكل رقم (1) ووضعت في الجهاز الرجاج لمدة 6 ساعات ثم رشح المعلق وبذلك تم الحصول على المستخلص المائي، ثم أضيف على العينة النباتية 500ملي من الهكسان أو الايثانول كل على حدا ثم رشح كما هو موضح في الشكل رقم (2) وتم الحصول على المستخلص الهكساني والايثانولي من كل النباتات المستخدمة في الدراسة ووضع المستخلص المائي و الهكساني و الإيثانولي في جهاز تبخير الغازات evaporator Rotary كما هو موضح في الشكل رقم (3) وبعدها وضعت المستخلصات (المستخلص الرئيسي) في قناني زجاجية نظيفة معتمة في الثلاجة بدرجة 4°م لحين الاستعمال وتم استخدام التركيزات 25% و75% و100%.

شكل رقم (1) يوضح طريقة نقع المسحوق النباتي في الماء المقطر.

شكل رقم (2) يوضح كيفية ترشيح المستخلص النبات



شكل رقم (3) يوضح كيف يتم تبخير المستخلص النباتي

- **إختبار فعالية المستخلصات ضد الاطوار اليرقية والاطوار البالغة لخنفساء الدقيق المتشابهة (*Tribolium confusum*).**

- استخدام المستخلصات النباتية بطريقة الملامسة

4.2- دراسة التأثير القاتل لمستخلصات أربعة أنواع من النباتات على طوري (اليرقة و الحشرة الكاملة) لحشرة خنافس الطحين المتشابهة بطريقة الملامسة المباشرة (أطباق بتري).

1-عقيم أطباق بتري بواسطة الميثانول 2.90%-تحضير سلسلة من التركيزات 25%، 75%، 100% من المستخلص الرئيسي Stock Solution3- عمل 3 مكررات من كل تركيز.

2- وضع 10 حشرات بالغة و10 يرقات في كل مكرر.

3- ثم اخذ النتائج بعد 12 ساعة 24 ساعة 48 ساعة من المعاملة وحساب عدد الأفراد الميتة في كل تركيز و إجراء التحليل الاحصائي.

4.3استخدام المستخلصات النباتية بطريقة التبخير

فيه يتم استخدام جهاز التبخير Desiccators

خطوات العمل: -

1- تحضير المستخلص (المائي، الهكساني والايثانولي) بتركيز 25%، 75%، 100%لكل النباتات المستخدمة.

2- جهز جهازDesiccators الذي يتكون من قسمين علوي وسفلي كما هو موضح في شكل رقم (4) ويوضع المستخلص أسفل الجهاز ، أما الطبقة العلوية من الجهاز يوضع في كل مكرر10 أفراد بالغة و10 يرقات من الحشرة المختبرة في 10جرام من الدقيق بحيث لا تلامس الحشرات الكاملة واليرقات بشكل مباشر ويترك التأثير للبخار الناتج من المستخلص، ثم وضعت في الحضان على درجة الحرارة والرطوبة المثلى للحشرة المختبرة (26 مْ ±3 مْ ورطوبة 60 ±5) ، ثم تسجيل القراءات بعد كل 12 ساعة، 24 ساعة، 48 ساعة وحساب عدد الافراد الميتة في كل مكرر وإجراء التحليل الاحصائي.

شكل رقم (4) يوضح طريقة استخدام المستخلصات النباتية بطريقة التبخير

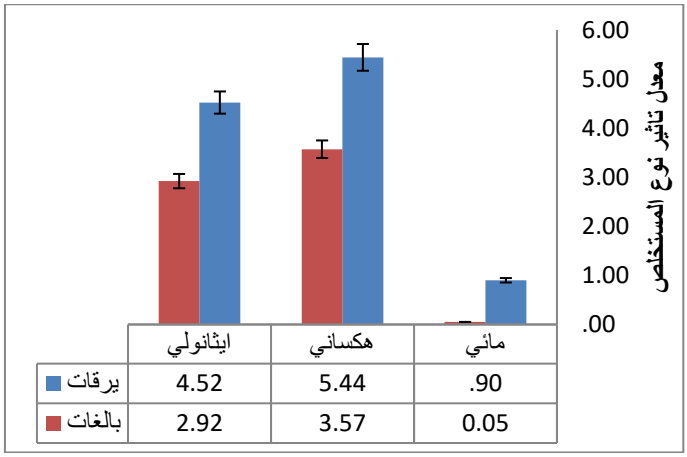
5- التحليل الإحصائي: -

تم تحليل البيانات المتحصل عليها باستعمال برنامج (Microsoft office excel 2010) لتحديد المتوسط الحسابي والانحراف المعياري، وبرنامج (SPSS20) لإيجاد الفروق المعنوية عن طريق تحليل التباين الأحادي (One Way ANOVA) عند مستوى إحتمالية 0.0.

6-النتائج والمناقشة:

6.1- معدل تأثير نوع المستخلص على يرقات وبالغات خنفساء الدقيق المتشابهة:

من خلال نتائج شكل5) نلاحظ وجود فروق معنوية بين نوع المستخلص المستخدم، حيث المستخلص الهكساني الأقوى في قتل اليرقات بمعدل (5.44) والبالغات بمعدل (3.57) ثم يليه المستخلص الإيثانولي بمعدل (4.52) لليرقات ومعدل (2.92) للبالغات أخيراً المستخلص المائي بمعدل (0.90) لليرقات ومعدل (0.05) لليرقات؛ حيث يرجع تفوق المستخلصات الكحولية على المائية إلى قدرتها على إذابة المركبات الفعالة في النباتات وهذه النتيجة أتفقت مع على ما أكده مصطفى (1989). في دراسة سمية بعض النباتات العراقية على الاطوار الغير كاملة لبعوض *Forskal* إذ تفوق المستخلص الكحولي لنبات الهالوك *Orobanche aegyptiaca* والمستخلص الكحولي لنبات الحسك *Tribulus Terrestris* والمستخلص *الكحولي* لنبات السعد *Cyperus rotundus* على المستخلصات المائية في قتل يرقات بعوض *C. molestus*.أيضاً اتفقت هذه النتيجة مع دراسة مشابهة قام بها موسى وآخرون في العام (2019) لتقييم فاعلية ثلاثة انواع من المستخلصات (المائي والهكساني والايثانولي) لأربعة انواع نباتية محلية في الجبل الأخضر بليبيا (العرعر والحرمل والإكليل والخروع) في مكافحة طوري الحشرة المختبرة الطور اليرقي والطور البالغ حيث تفوقت المستخلصات الهكسانية والايثانولية في موت حشرة خنفساء الدقيق الصدئية على المستخلص المائي الذي حقق تأثيرات سامة قليلة مقارنة بالمستخلصات الكحولية.

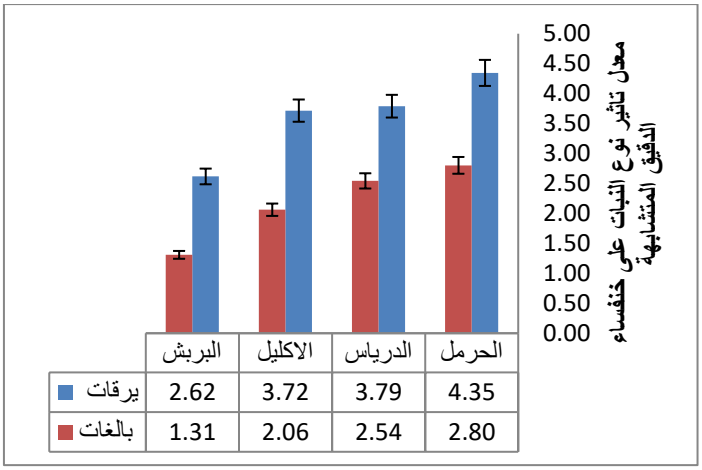


شكل (5) معدل تأثير نوع المستخلص على يرقات وبالغات خنفساء الدقيق المتشابه

6.2- معدل تأثير نوع النبات على يرقات وبالغات خنفساء الدقيق المتشابهة:

نلاحظ من خلال النتائج شكل (6) إن أفضل نبات مع جميع المذيبات كان نبات الحرمل بمعدل (4.35) لليرقات و(2.80) للبالغات يليه الدرياس مع وجود فروق معنوية بسيطة بمعدل (3.79) لليرقات و(2.54) للبالغات ثم نبات الاكليل بمعدل (3.72) لليرقات و(2.06) للبالغات أما نبات البربش فكان له التأثير الأقل بمعدل (2.62) لليرقات و(1.31) للبالغات. وهذا ما أتفق مع دراسة أجراها المهدي (2010) حيث أظهرت الدراسة تفوق نبات الحرمل مع المستخلص الكحولي في تأثيره على الأطوار المختلفة لحشرة البعوض *Culex pipipens*. لوحظ أن اليرقات كانت أكثر تأثراً بالمستخلص من البالغات وذلك يرجع إلى إن المركبات الفعالة أتحدث مع الدهون الموجودة في القناة الهضمية مما أدى إلى تدخلات مع وظائف أخرى أدت الى موت الحشرة وهذه النتيجة اتفقت مع موسى (2018) في دراسة حياتية لخنفساء الدقيق المتشابهة *Tribolium*

confusum وتأثير بعض المستخلصات النباتية على دورة حياتها. حيث كان نبات الحرمل هو النبات الافضل بمعدل لليرقات والبالغات (4.032) تبعه نبات العرعر لليرقات والبالغات بمعدل (3.127) ثم نبات الاكليل لليرقات والبالغات بمعدل (2.175) وأخيراً نبات الخروع لليرقات والبالغات بمعدل (1.264) في التأثير على يرقات وبالغات خنفساء الدقيق المتشابه.

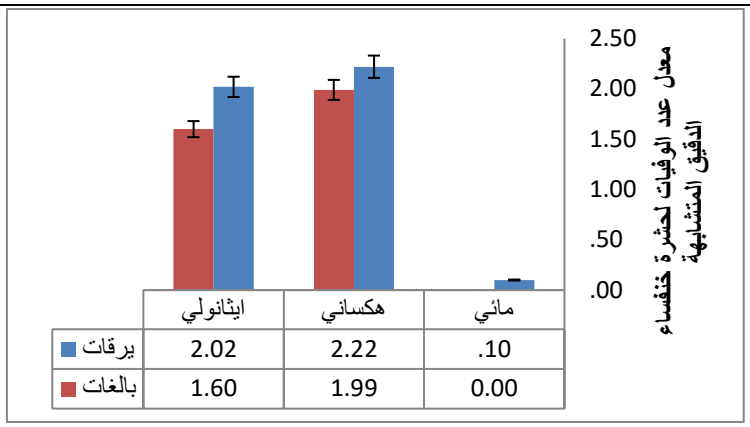


شكل (6) معدل تأثيرنوع النبات على يرقات وبالغات خنفساء الدقيق

6.3- تأثيرنوع المستخلصات النباتية على معدل هلاك يرقات وبالغات خنفساء المتشابهة

1 - (بطريقة الملامسة):

بينت النتائج شكل (7) التأثير القاتل للمستخلصات النباتية المختبرة على حياة طوري خنفساء الدقيق المتشابهة حيث لوحظ إن اليرقات كانت أكثر حساسية من البالغات للمستخلصات النباتية؛ ذلك يرجع إلى تركيب الجليد في كلا الطورين حيث يكون في البالغة أكثر تطوراً واستعداداً لمقاومة الظروف المحيطة كما إن هناك اختلافا في عدد الثغور التنفسية العاملة في كلا الطورين هذه الدراسة أتفقت مع دراسة أجراها حيدر(2011) التي أظهرت فعالية مستخلصات نبات الخروع على قتل يرقات وبالغات حشرة البعوض *C.pipenus* كما توجد فروق معنوية بين أنواع المستخلصات حيث المستخلص الهكساني الأقوى يليه المستخلص الإيثانولي أما المستخلص المائي فلم يكن له إلا تأثير بسيط على الطور اليرقي. وهذا ايضاً اتفق مع دراسة الدليمي وإسماعيل (2017) على التأثير السام للمستخلص الإيثانولي لثمار الفلفل الاسود وثمار الفلفل الأحمر وبذور الحبة السوداء ولحاء نبات القرفة والبراعم الزهرية لنبات القرنفل وأوراق نبات النعناع وثمار نباث الثوم وبذور الكمون على بالغات خنفساء الدقيق الصدئية *T.castenum* بعد 24 و48 ساعة و7 أيام من المعاملة، بأن المستخلصات المستخدمة كان لها تأثير معنوي على نسب الموت للبالغات وكان المستخلص الإيثانولي لنبات القرنفل الأعلى سمية يليه مستخلص الثوم ثم مستخلص الفلفل الأحمر والأسود أما مستخلص القرفة والكمون كانا الأقل سمية. وبذلك يظهر تفوق المستخلصات الكحولية في التأثير على الحشرة محل الدراسة.



شكل (7) تأثير المستخلصات النباتية على معدل هلاك يرقات وبالغات خنفساء الدقيق المتشابهة.

بينت نتائج الجدول(1) وجود تأثيرات معنوية للتركيزات وزمن التعريض ونوع المستخلص على يرقات وبالغات خنفساء الدقيق المتشابهة حيث كان المستخلص الهكساني الأقوى في التأثير منذ 12 ساعة الأولى تبعه بعد ذلك المستخلص الإيثانولي مع وجود فروق معنوية ضئيلة جدًا بينهما، بينما المستخلص المائي لم يكن له إلا تأثير بسيط على اليرقات ونلاحظ انه كلما زاد التركيز للمستخلص المستخدم كلما زادت نسبة الموت، كما نلاحظ أن الاطوار اليرقية كانت أكثر تأثراً من الاطوار البالغة وهذا ماتفق مع دراسة أجراها حيدر(2011) عن تأثير مستخلص أوراق نبات الخروع *R.connunis* حيث أثبتت تفوق المستخلصات الكحولية على المستخلص المائي وهلاك الاطوار الغير كاملة لبعوض *C.pipeins* حيث بلغت نسبة الهلاك في الأطوار اليرقية للحشرة بمعدل 83% بتركيز 20%. كذلك اتفقت هذه الدراسة مع موسى وآخرون (2019) حيث أثبتت تفوق المستخلصات الهكسانية والمستخلصات الايثانولية على المستخلص المائي في التأثير على يرقات وبالغات خنفساء الحشرة المختبرة.

جدول (1) تأثير تداخل نوع المستخلص ونوع النبات والتركيز على متوسط عدد اليرقات والبالغات للحشرة المختبرة ب- (بطريقة الملامسة):

نوع المستخلص	التركيز	نوع النبات	اليرقات	البالغات
المائي	25%	الحرمل	0.00	0.00
		الدرياس	0.00	0.00
		الاكليل	0.00	0.00
		البربش	0.00	0.00
	75%	الحرمل	0.00	0.00
		الدرياس	0.00	0.00
		الاكليل	0.00	0.00
		البربش	0.00	0.00
	100%	الحرمل	1.22	0.00
		الدرياس	.78	0.00
		الاكليل	.11	0.00

		البربش	0.00	0.00
الهكساني	25%	الحرمل	9.33	9.11
		الدرياس	8.67	8.22
		الاكليل	6.78	6.00
		البربش	2.56	1.11
	75%	الحرمل	.67	.89
		الدرياس	1.33	1.78
		الاكليل	3.11	3.44
		البربش	4.11	2.00
	100%	الحرمل	0.00	0.00
		الدرياس	0.00	0.00
		الاكليل	.22	.56
		البربش	2.33	3.22
الإيثانولي	25%	الحرمل	9.33	9.11
		الدرياس	6.78	6.00
		الاكليل	2.56	1.11
		البربش	1.78	.89
	75%	الحرمل	.67	.89
		الدرياس	3.11	3.44
		الاكليل	4.11	2.00
		البربش	2.67	1.67
	100%	الحرمل	0.00	0.00
		الدرياس	.22	.56
		الاكليل	2.33	3.22
		البربش	3.22	2.33

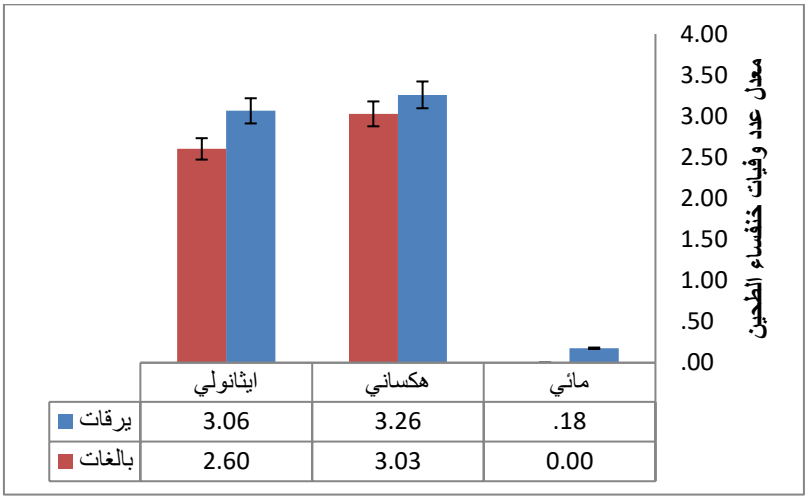
أظهرت النتائج المسجلة في جدول(1) إن أفضل تركيز قاتل للحشرة محل الدراسة كان التركيز (100%) مع المستخلص الهكساني مع نباتي الحرمل والدرياس ثم نبات الاكليل بينما كان لنبات البربش التأثير الأقل على الحشرة المختبرة، وكان لنبات الحرمل مع المستخلص الهكساني الصدارة في التأثير على يرقات وبالغات خنفساء الدقيق المتشابهة عند تركيز 100% وتركيز 70% تبعه في ذلك نبات الدرياس بينما المستخلص المائي لم يؤثر إلا في تركيز 100% على يرقات الحشرة المختبرة دون البالغات وهذا ماتفق مع دراسة أجراها موسى (2018) حيث رجع سبب قتل اليرقات إلى المركبات الفعالة التي اتحدت مع الدهون الموجودة في القناة الهضمية وارتباط هذه المركبات مع الكوليسترول تسببت عنها تتدخلات مع وظائف أخرى أثرت على حياة الحشرة المختبرة وبالتالي موتها.

2-تأثير المستخلصات النباتية على معدل عدد يرقات وبالغات خنفساء الدقيق المتشابهة

(بطريقة التبخير):

أوضحت النتائج في شكل(8) التأثير القاتل للمستخلصات النباتية المختبرة على حياة حشرة خنفساء الدقيق المتشابهة *T.confusum* حيث لوحظ إن اليرقات كانت أكثر حساسية من البالغات للمستخلصات النباتية وربما ذلك يرجع إلى تركيب الجليد في كلا الطورين حيث يكون في البالغة أكثر تطوراً واستعداداً لمقاومة الظروف المحيطة كما إن هناك إختلافًا في عدد الثغور التنفسية العاملة في كلا الطورين الدراسة أتفقت مع دراسة أجراها الحسيني(1999) عن تأثير بعض مستخلصات بذور الحرمل *Pegnum harmala* في بعض جوانب الاداء الحياتي لخنفساء الحبوب الشعرية *Trogoderma granarium*.

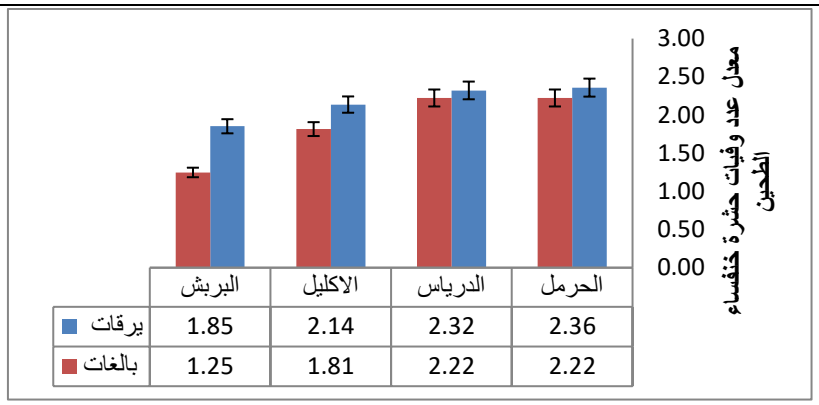
التي أظهرت فعالية قتل عالية للطور الغير كامل والطور البالغ لخنفساء الخابرا *Trogoderma granarium* وهذا يرجع إلى إختلاف التركيب وعدد الثغور التنفسية في كلا الطورين.



شكل (8) تأثير المستخلصات النباتية على معدل عدد يرقات وبالغات خنفساء الطحين المتشابهة.

- تأثير نوع النبات على معدل عدد يرقات وبالغات خنفساء الدقيق المتشابهة ب-(بطريقة التبخير):

نلاحظ من خلال النتائج شكل(9) إن أفضل نبات مع جميع المذيبات كان نبات الحرمل بمعدل (2.36) لليرقات و(2.22) للبالغات والدرياس بمعدل (2.35) لليرقات و(2.22) للبالغات ثم نبات الاكليل بمعدل (2.14) لليرقات و(1.81) للبالغات أما نبات البربش فكان له التأثير الأقل بمعدل(1.85) لليرقات و(1.25) للبالغات وهذه النتائج أتفقت مع دراسة أجراها الحسيني(1999) على تأثير بعض مستخلصات بذور الحرمل *Pegnum harmala* في بعض جوانب الاداء الحياتي لخنفساء الحبوب الشعرية *Trogoderma granarium* التي أظهرت فعالية قتل عالية جداً وهلاك جميع الاطور الغير بالغة والطور البالغ لخنفساء الخابرا *Trogoderma granarium* حيث بينت نتائج التحليل الاحصائي وجود فروق معنوية عالية تحت مستوى معنوية 0.05 بين تأثيرات نوع النبات على معدل عدد يرقات وبالغات خنفساء الدقيق المتشابهة. وأيضاً اتفقت هذه النتيجة مع دراسة لموسى (2018) حيث كان نبات الحرمل الاقوى تأثيراً من بين كل النباتات المستخدمة في التجربة. وهذا ايضا اتفق مع دراسة للحسيني والربيعي (2007) حيث بينا أن مستخلص المركبات القلوانية الخام لأوراق لنبات الحرمل *p. harmala* قد أثرت تأثيرا معنوياً في حياتية حشرة الذبابة المنزلية ادى إلى إرتفاع نسبة الموت في الاطوار الغير كاملة وصلت إلى 100%.

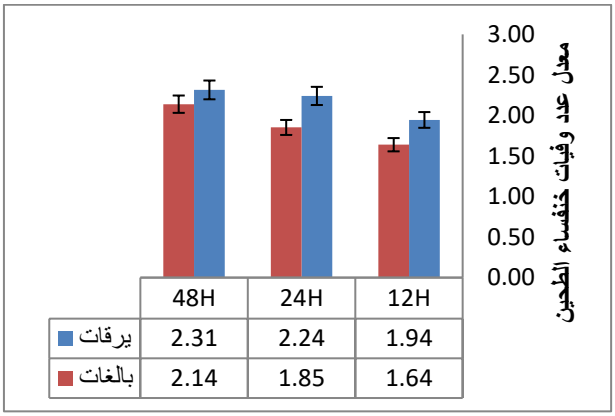


شكل (9) تأثير نوع النبات على معدل عدد يرقات وبالغات خنفساء الطحين المتشابهة

3- تأثيرزمن التعريض على متوسط عدد يرقات وبالغات خنفساء الطحين المتشابهة

(بطريقة التبخير):

أظهرت النتائج شكل (10) أنه كلما زاد زمن التعريض زادت عدد الأفراد الميتة في كلا الطورين للحشرة محل الدراسة بسبب تأثير المستخلصات النباتية حيث بينت نتائج التحليل الاحصائي وجود فروق معنوية عالية عند مستوى معنوية 0.05 قد يعزى ذلك إلى زيادة تركيز المادة الفعالة في البخار مع زيادة التعريض. وهذا ما أتفق مع موسى (2018) الذي تضمنت دراسته تأثير بعض المستخلصات النباتية من بينها الحرمل والاكليل على حياتية خنفساء الدقيق المتشابهة في ثلاث ازمنة مختلفة وهي (الزمن 3 ساعات والزمن 6 ساعات والزمن 12 ساعة) حبت لوحظ فروق معنوية واضحة جداً بين التركيزات المختلفة بعد مرور 12 ساعة من المعاملة أو التعريض. حيث اظهرت نتائج التحليل الاحصائي وجود اختلافات معنوية عند مستوى معنوية 0.05 بين تركيزات المستخلصات وزمن التعريض. حيث أن عدد الافراد المعاملة من الحشرة المختبرة زادت نسبة موتها مع زيادة زمن التعريض للمستخلص المستخدم في الدراسة وهذا يعني أن نسبة الموت تتناسب طرديا مع الزمن



شكل (10) تأثيرزمن التعريض على متوسط عدد يرقات وبالغات خنفساء الطحين المتشابه

جدول (2) تأثيرالتداخل بين زمن التعريض ونوع المستخلص والتركيزعلى متوسط عدد يرقات وبالغات الحشرة المختبرة ب- (بطريقة التبخير):

نوع المستخلص	التركيز	الزمن	متوسط اليرقات	متوسط البالغات
المائي	25%	12H	0.00	0.00
		24H	0.00	0.00
		48H	0.00	0.00
	75%	12H	0.00	0.00
		24H	0.00	0.00
		48H	0.92	0.00
	100%	12H	0.00	0.00
		24H	0.00	0.00
		48H	.92	0.00
الهكساني	25%	12H	5.25	4.50
		24H	7.33	6.75
		48H	7.92	7.08
	75%	12H	3.08	2.92
		24H	1.75	1.50
		48H	2.08	1.67
	100%	12H	1.00	.92
		24H	.92	.67
		48H	0.00	1.25
الإيثانولي	25%	12H	3.67	2.92
		24H	5.50	4.83
		48H	6.17	5.08
	75%	12H	2.83	2.25
		24H	2.17	1.67
		48H	2.92	2.08
	100%	12H	1.67	1.25
		24H	1.83	1.25
		48H	.83	2.08

أظهرت النتائج من جدول (2) أن أفضل مستخلص نباتي كان المستخلص الهكساني مع نبات الحرمل حيث قتل يرقات وبالغات الحشرة المختبرة بمتوسط (0.00) عند تركيز 75% وتركيز100% خلال 12 ساعة الأولى من المعاملة وكذلك المستخلص الهكساني مع نبات الدرياس الذي كان قاتلاً لجميع الحشرات في كلا الطورين بمتوسط (0.00) عند تركيز 25% وتركيز75% و تركيز100% بعد 24 ساعة من المعاملة ليكون الزمن القاتل لجميع أفراد الحشرة المختبرة، أما المستخلص

المائي لم يكن له أي تأثير على أفراد الحشرة محل الدراسة إلا بعد 48 ساعة من المعاملة وذلك يرجع إلى تراكم المادة الفعالة داخل جسم الحشرة بعد 48 ساعة وإن المادة الفعالة احتاجت وقت للتحلل داخل القناة الهضمية في كلا الطورين وهذا ماتفق مع المنصور(2002). وقد دلت نتائج التحليل الاحصائي وجود فروق معنوية تحت مستوى معنوية 0.05 بين كل المعاملات. وهذا ما أتفق مع موسى (2018). الذي شملت دراسته تأثير مستخلصات أربع نباتات وهي الحرمل والاكليل والخروع والعرعر على حشرة خنفساء الدقيق المتشابهة حيث كان المستخلص الهكساني هو الأقوى في التأثير يليه المستخلص الإيثانولي واخيراً المستخلص المائي الذي كان له التأثير الاقل من بين المستخلصات. وكذلك اتفقت هذه الدراسة مع دراسة لحيدر (2011) حيث درس تأثير المستخلصات الكحولية والمائية لمستخلص أوراق نبات الخروع *R. connunis* على هلاك الأطوار الغير كاملة لبعوض *C. pipeins* حيث تفوقت المستخلصات الكحولية على المائية في هلاك الاطوار الغير كاملة للبعوض بمعدل 83% بتركيز 20

جدول (3) تأثيرتداخل نوع المستخلص ونوع النبات والتركيزعلى متوسط عدد اليرقات والبالغات للحشرة المختبرة ب- (بطريقة التبخير):

نوع المستخلص	التركيز	نوع النبات	اليرقات	البالغات
المائي	25%	الحرمل	0.00	0.00
		الدرياس	0.00	0.00
		الاكليل	1.22	0.00
		البربش	9.33	9.11
	75%	الحرمل	.67	.89
		الدرياس	0.00	0.00
		الاكليل	9.33	9.11
		البربش	.67	.89
	100%	الحرمل	0.00	0.00
		الدرياس	0.00	0.00
		الاكليل	0.00	0.00
		البربش	0.00	0.00
الهكساني	25%	الحرمل	8.67	8.22
		الدرياس	1.33	1.78
		الاكليل	0.00	0.00
		البربش	6.78	6.00
	75%	الحرمل	3.11	3.44
		الدرياس	.22	.56
		الاكليل	0.00	0.00
		البربش	0.00	0.00
	100%	الحرمل	.11	0.00
		الدرياس	6.78	6.00

		الاكليل	3.11	3.44
		البربش	.22	.56
الإيثانولي	25%	الحرمل	2.56	1.11
		الدرياس	4.11	2.00
		الاكليل	2.33	3.22
		البربش	0.00	0.00
	75%	الحرمل	0.00	0.00
		الدرياس	0.00	0.00
		الاكليل	2.56	1.11
		البربش	4.11	2.00
	100%	الحرمل	2.33	3.22
		الدرياس	1.78	.89
		الاكليل	2.67	1.67
		البربش	3.22	2.33

أظهرت النتائج المسجلة جدول(3) أن أفضل تركيز قاتل لحشرة خنفساء الدقيق بنسبة (0.00) كان التركيز 100% والتركيز75% والتركيز25% مع المستخلص الهكساني مع نبات الحرمل يليه التركيز 100% والتركيز75% مع المستخلص الهكساني مع نبات الدرياس ليكونا أفضل نباتين هما الحرمل والدرياس بنسبة موت(0.0)، ثم نبات الاكليل مع المستخلص الهكساني عند التركيز 75% والتركيز100% حقق نسبة قتل (0.00)، وأخيرًا نبات البربش الذي كان أقل النباتات في الفاعلية الذي حقق نسبة قتل(0.00) عند تركيز % 100 مع المستخلص الهكساني والإيثانولي مع وجود فروق بسيطة في الزمن بينهما حيث حقق المستخلص الهكساني الزمن الأقل لتصل نسبة القتل إلى (0.00) ، أما المستخلص المائي كان أفضل تركيز هـ والتركيز 75% والتركيز 100% لنبات الحرمل . وهذا ما أتفق مع موسى (2018). الذي أكدت دراسته إنه كلما زاد التركيز ازدادت نسبة القتل للحشرة المختبرة وان نبات الحرمل هو الاقوى في الثأثير على حشرة خنفساء الدقيق المتشابهة. وهذا ايضاً يبين أن التركيز يتناسب طردياً مع نسبة الموت أي كلما زاد التركيز زادت نسبة الموت ليرقات وبالغات الحشرة محل الدراسة.

7- الاستنتاجات

- بوجه عام كانت المستخلصات النباتية ذات تأثير سام على الاطوار اليرقية لخنفساء الدقيق المتشابهة أكثر من الاطوار البالغة.
- أدت هذه المستخلصات إلى إنخفاض معنوي في عدد اليرقات والبالغات في حشرة خنفساء الدقيق المتشابهة حيث كان المستخلص الهكساني هو الأقوى تأثيراً يليه المستخلص الإيثانولي ثم المستخلص المائي بغض النظر عن نوع النبات المستخدم.

- المستخلصات النباتية المستخدمة أظهرت تأثير قوي حيث كان نبات الحرمل يحتل الصدارة في القضاء على يرقات وبالغات الحشرة محل الدراسة يليه نبات الدرياس ثم الاكليل وأخيراً نبات البربش الذي كان له التأثير الأقل.

- بينت نتائج الدراسة إلى أن نسبة الهلاك لحشرة خنفساء الدقيق المتشابهة تزداد مع زيادة فترة التعريض والتركيز.
- أشارت نتائج الدراسة إلى أن طريقة التبخير وطريقة الملامسة كان لهما الاثر الفعال على يرقات وبالغات خنفساء الدقيق المتشابهة.
- اتجاها للتصالح مع البيئة ومع نفسك استخدام المستخلصات النباتية كمبيدات صديقة للبيئة لمكافحة حشرات المخازن اولا ومنها لمكافحة الآفات الاخرى في بلادنا الغالية.

8-التوصيات

- ينصح بالاعتماد على المستخلصات النباتية في مكافحة حشرات المخازن (خنفساء الدقيق المتشابهة). والافات الاخرى.
- استخدام طريقة التبخير بالمستخلصات النباتية في مخازن الدقيق والصوامع لكونها طريقة فعالة وأمنة وفي نفس الوقت غير مكلفة.
- محاولة تطبيق طريقة تبخير المستخلصات في معامل كلية العلوم جامهة سرت والمزيد من اجراء الاختبارات عن طري التبخير معملياً ومن ثم الاتجاه الى التطبيق على مجال أوسع في المخازن والصوامع.
- تجهيز مصانع خاصة بتحضير المستخلصات النباتية كمبيدات صديقة للبيئة والابتعاد عن المبيدات الكيمائية الضارة بالتربة والهواء والماء والكائن الحي.

9-المصادروالمراجع

1- المراجع العربية

أرطيبة، فتحي (2005). دراسة وتقييم الغطاء النباتي بمنطقة الجبل الاخضر. مؤسسة القذافي الخيرية. جامعة عمر المختار.

إسماعيل، إياد يوسف وعدنان موسى محمد (2001). الاستخدام المنزلي لدرجات الحرارة المنخفضة لمكافحة خنفساء البقول .F *Callosobruchus maculatus* في بذور الحمص. مجلة التربية والعلم. 49:75-83.

اسماعيل، هدى محمود والدليمي، رحمة حسن (2017). التأثير السام للمستخلص الإيثانولي لثمار الفلفل الاسود وثمار الفلفل الأحمر وبذور الحبة السوداء ولحاء نبات القرفة والبراعم الزهرية لنبات القرنفل وأوراق نبات النعناع وثمار نباث الثوم وبذور الكمون على بالغات خنفساء الدقيق الصدئية *T. castenum*. مجلة جامعة سبها للعلوم البحثية والتطبيقية. مجلد 16. عدد1.

الأعراجي، حمزة أحمد وياسين، عبد العزيز ابراهيم (2012). دراسة تأثير مستخلص المركبات القلويدية الخام لأزهار نبات القرنفل *Dianthus caryophyllus* في الاطوار المختلفة لخنفساء الطحين المتشابهة *Tribolium confusum*. مجلة الكوفة للعلوم الزراعية. المجلد 4: 427- 436.

الحسيني، مع الله تركي (1999). تأثير بعض مستخلصات بذور الحرمل *Pegnum harmala* في بعض جوانب الاداء الحياتي لخنفساء الحبوب الشعرية *Trogoderma granarium*. كلية العلوم. جامعة الكوفة.

الحسيني، مع الله تركي والربيعي، هادي مزعل (2007). تأثير مستخلصات المركبات القلوانية الخام لنبات الحرمل *Peganum harmala L* في بعض جوانب الاداء الحياتي للذبابة المنزلية *Musca domestica L*. مجلة جامعة الكوفة. 18: 258- 263.

الدجوى، علي (1996). موسوعة أنتاج النباتات الطبية والعطرية. الكتاب الثاني المكتبة الزراعية. صفحة 163.

السبعاوي، رياض محمود حمود (2008). تقييم جودة طحين بعض أصناف الحنطة المخلوطة بنسب من الحنطة المصابة بالسونة وسبل تحسينها. رسالة ماجستير. كلية الزراعة. جامعة الموصل.91 صفحة.

المنصور، ناصر عبد علي وفياض، محمد عامر واليوسف، عقيل عدنان (2002). عزل المركبات الثانوية لنباتي قرن الغزال واليوكالبتوس ودراسة فعاليتهما البايولوجية كمبيدات في مكافحة حشرة دودة أوراق التفاح الجنوبية (*Lasiocampidae:Lepidoptera*) taragama siva المجلة العراقية لعلم الأحياء المجلد (2). العدد (1) صفحة 55- 63.

المهدي، نعم خضر (2010). دراسة تأثير المستخلصات المائية والمذيبات العضوية لنبات الحرمل *Pegnum harmala* ونبات الخروع *Ricinus communis* على مدة تطور الاطوار المختلفة لبعوض *Culex pipiens* . مجلة جامعة دمشق للعلوم الزراعية. المجلد (25). العدد (1). 121- 134 صفحة.

الهيئة العامة للبيئة (2010). التقرير الوطني الرابع حول تنفيذ اتفاقية التنوع الحيوي. طرابلس. ليبيا. صفحة 124.

حيدر، حارث رجب (2011). دراسة تأثير المستخلص الإيثانولي والمائي لأوراق نبات الخروع *Ricinus communis* في بعض جوانب حياتية البعوض *Culex pipiens*. كلية العلوم. جامعة الكوفة.

محمد، أسامة سعيد (2012). تأثير الإصابة بخنفساء الطحين الصدائية الحمراء *Tribolium castaneum Herbst* على نوعية الطحين والمواد المصنعة منه. مجلة جامعة تكريت للعلوم الزراعة. 12: 132- 136.

مصطفى، منيف عبد (1989). سمية بعض النباتات العراقية على الاطوار الغير كاملة لبعوض Forskal *(Diptera: Culicidae)* رسالة ماجستير. قسم علوم الحياة. كلية العلوم. جامعة الموصل.

موسى، أسماء سعد (2018). دراسة حياتية لخنفساء الدقيق المتشابهة *Tribolium confusum* وتأثير بعض المستخلصات النباتية على دورة حياتها. رسالة ماجستير، كلية الزراعة، جامعة عمر المختار.94 صفحة.

موسى، اسماء سعد، عبد الرحمن يوسف الفيتوري وعبد الكريم عامر (2019). الآثار السمية لثلاثة مستخلصات نباتية لأربعة نباتات محلية في الجبل الأخضر بليبيا في مكافحة الطورين الضارين (اليرقات والبالغات) لخنفساء الطحين المتشابهة *Tribolium confusum* Duval *(Coleoptera: Tenebrionidae)*. العدد التاسع. المجلة الليبية لوقاية النبات.

- المراجع الاجنبية

Al-Jabr, A. M. (2003). Insecticidal and repellent properties of eight plant extracts against *Oryzaephilus surinamensis* (Coleoptera: Silvanidae) and *Tribolium castaneum* (Coleoptera: Tenebrionidae). *Alexandria Journal of Agricultural Research*, 48(3), 163–171.

Amer, A., Zaeid, M., & Al-Mabrouk, A. A. (2013). Effects of twenty-eight plant extracts as insecticides against adults of the sweet potato whitefly, *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Homoptera: Aleyrodidae). *Journal of Agricultural Science and Technology*, 3(2), 1–10.

Dent, D. (2000). *Insect pest management* (2nd ed.). CABI Publishing.

Duval, J. G. (1868). *Genera des coléoptères d'Europe: Catalogue* (Tome 3).

Elhassaneen, Y. A., & Abd El-Moaty, A. A. (2003). Blood oxidant and antioxidant status in rats feeding with insect-infested wheat flour. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 6(15), 1354–1360. https://doi.org/10.3923/pjbs.2003.1354.1360

Evans, D. E. (1978). An evaluation of fluidized bed heating as a means of disinfesting wheat. *Journal of Stored Products Research*, 14(1), 1–12.

Golob, P., Moss, C., Dales, M., Fidgen, A., & Evans, J. (1999). *The use of spices and medicinals as bioactive protectants for grains*. Food and Agriculture Organization of the United Nations. (FAO Agricultural Services Bulletin No. 137).

Moustafa, M. A. (1999). Growth-regulating activity of Chinaberry tree, *Melia azedarach* L., on the khapra beetle *Trogoderma granarium* Everts. *Rafidain Journal of Science*, 10(2), 15–26.

Peterson, C. J., Tsao, R., Eggler, A. L., & Coats, J. R. (2000). Insecticidal activity of cyanohydrin and monoterpenoid compounds. *Molecules*, 5(4), 648–654. https://doi.org/10.3390/50400648

Tripathi, A. K., Prajapati, V., Verma, N., Bahl, J. R., Bansal, R. P., Khanuja, S. P. S., & Kumar, S. (2002). Bioactivities of the leaf essential oil of *Curcuma longa* (Var. Ch-66) on three species of stored-product beetles (Coleoptera). *Journal of Economic Entomology*, 95(1), 183–189. https://doi.org/10.1603/0022-0493-95.1.183

The Use of Certain Plant Extracts as Environmentally Friendly Pesticides to Control Similar Flour Beetle (duVal) *Coleoptera: Tenebrionidae) Tribolium confusum*

Sara A. Abduslam[1], Hasan A. Mohammed[1], and Muftah Omar Ali[2], Fatmah Abdulsalam[3]

[1] Department of Ecology, faculty of science, Sirte university, Libya

[2] Department of Botany, faculty of science, Sirte university, Libya

[3]Department of Chemistry, Faculty of Science, University of Sebha, Libya

Abstract

A study to evaluate the effectiveness of three types of extracts (water, hexane and ethanol) for four local plant species (*Peganum harmala*, *Thapsia gerganica*, *Rosmarinus officinalis*, *Cistus salvifolius*) in from Hamada Al, Hamra Al, Hamra Sirt /Libya in order to the control of the larval and adult stages of *T. confususm* by two methods direct contact extract and evaporation method of plant extract. The results show that the plant extracts had a toxic and effective effect on the larvae and adults of the insect under study. The toxicity increased with the increase in the exposure period (time) and the concentration, as the larval stages were more affected than the adult stages and the hexane extract was more toxic than the ethanol extract, which was the most toxic in turn from the water extract Regardless of the type of plant used, the *peganum harmala* plant was the most effective, followed by the *Thapsia gerganica* plant and then the *Rosmarinus officinalis*. As for the *Cistus salvifolius* plant, which had the least effect with all the plant extracts, evaporation and contact method had a toxic effect on the effect on the larval and adult stages of the thrush insect *T. confuses.*

Keywords: environmentally friendly pesticides; plant extracts; *T. confususm*

The First Scientific Conference of the Faculty of Science – Sirte University Environmental Pollution and Challenges of Environmental Sustainability (EPESC), Oct.14, 2025

تأثير نبات عدس الماء *Lemna minor* على بعض الخواص الكيميائية في مياه الصرف الصحي في مدينة البيضاء

عبد القادر محمد صالح بوجديدة[1] وباسط سعيد امبارك[2] ومنيرة سليمان عطية[2]

[1]الهندسة الزراعية، جامعة عمر المختار

[2]علوم البيئة، جامعة عمر المختار

Corresponding author: Bou944380680@gmail.com

Article History:

Received: 09 April 2025

Revised: 28 May 2025

Published: 15 November 2025

الكلمات الافتتاحية:
العناصر الثقيلة؛ نبات عدس الماء؛ مياه الصرف الصحي.

الملخص: نفذت تجربة حقلية في إحدى المزارع في منطقة الغريقة خلال شهر (3) بهدف دراسة تأثير نبات عدس الماء *Lemna minor* على إزالة بعض المعادن الثقيلة (الرصاص Pb - الكادميوم Cd - الزنك Zn - النحاس Cu - النترات (No_3) وبعض الخواص الكيميائية pH) (TDS – EC –) في مياه الصرف الصحي تضمنت إنشاء حوضين الأول لمياه الصرف الصحي والثاني للشاهد وإضافة سماد (روث الأبقار)إليهما ، ثم زراعة نبات عدس الماء في الحوضين ، تم إجراء التحاليل الكيميائية المناسبة للماء قبل عملية الزراعة وبعدها وحصاد النبات بعد نهاية عملية الإنبات وتم أخذ وزن النبات الجاف والرطب في كلا الحوضين وقياس نسبة العناصر المدروسة في النبات وأجري التحليل الإحصائي Covariance analysis واختبار الفروق المعنوية بين المتوسطات باستخدام أقل فرق معنوي (LSD) عند مستوى معنوية (0.05) ، تلخصت النتائج التي تم الحصول عليها كالاتي: إن نبات عدس الماء له كفاءة عالية في خفض تركيز العناصر (Pb-Cd-Zn-Cu-No_3) بنسبة - 97% 8.56 -96% (65% - 47% - 52%على التوالي . تأثير النبات على الخواص الكيميائية (pH – EC – TDS) فكانت قبل الاستزراع (1305.6 -2.04 -8.53) على التوالي وبعد الاستزراع - 1.57 -8.53) (1006.9على التوالي. وزن عينات النبات الرطب كان (950جم)، وزنها بعد التجفيف (515جم) لعينة نبات ماء الصرف الصحي، كما إن نسبة العناصر (Pb – Cd – Cu – Zn – No_3) في النبات 4.610.462 – 0.791 – 0.505 – 0.806- على التوالي. وبناءً على النموذج المقدم في هذه الدراسة نجد أن معالجة ماء الصرف الصحي باستخدام نبات عدس الماء *Lemna minor* هي منظومة اقتصادية واعدة ونوصي بها في عمليات المُعالجة.

1. المقدمة

تُعد المياه أحد أهم عوامل التنمية المستدامة لذلك يجب عدم التفريط بها والسعي في معالجتها واسترجاعها للبيئة بعد معالجتها نظراً للحاجة الماسة في استخدام هذه الموارد المائية بشكل خاص في الدول العربية التي تُعاني من ندرة الموارد المائية المتاحة بها ذلك لأنه معظم أراضيها في نطاق المناطق القاحلة وشبه القاحلة وكذلك انخفاض الأمطار فيها لهذه الأسباب أزدادت أهمية معالجة وإعادة استخدام ماء الصرف الصحي فقد أصبحت معظم دول العالم تستخدم أساليب التخطيط والإدارة السليمة المتكاملة لإعادة استخدام ماء الصرف الصحي بعد معالجتها بكفاءة ، وأيضاً لتجنب التخلص من ماء الصرف الصحي مباشرةً على المسطحات المائية أو الوديان دون معالجة (الاشقر وآخرون، 2019).

إن طريقة التخلص من مياه الصرف الصحي تعتبر من المشاكل التي تواجه معظم البلدان النامية لأنها تنتج كميات كبيرة من النفايات الصناعية والبلدية نتيجة التقدم والتصنيع على التوالي (Alloway &Tagwira, 1995) والمشكلة الرئيسة تكمن في كيفية التعامل مع النفايات التي يتم إطلاقها بمعدل أسرع من التخلص منها بشكل صحيح، حيث إن إحدى طرق التعامل مع مياه الصرف الصحي استعمالها في الأراضي الزراعية للتخلص منها، وعلى الرغم من ذلك فإن الري المستمر بمياه الصرف الصحي من المحتمل أن يؤثر على الخصائص الكيميائية والفيزيائية للتربة (Oloya, 1996) .

تعرف مياه المجاري بأنها عبارة عن سائل عكر يحتوي على مواد عالقة ناتجة من مخلفات الإنسان ومخلفات الأغذية وما يلقيها الناس في شبكة المياه العادمة مثل الورق والأخشاب وتكون رمادية اللون عند بداية تشكلها وذات رائحة كريهة تشبه رائحة الخردل ومع مرور الوقت يتحول لونها إلى الرمادي أو الأسود وتصبح ذات رائحة كريهة منفردة وتبدأ حينها المادة الصلبة السوداء بالطفو على سطحها ويطلق عليها مياه المجاري العفنة (Amoah, 2008).

ان التلوث هو أي تغير في المكونات البيئية الحية وغير الحية يسبب إخلالاً بتوازنها الطبيعي نتيجة إدخال المواد الملوثة سائلة أو صلبة أو غازية أو كائنات حية دقيقة تجعل البيئة غير صحية (Stavrianou, 2007) .

يعتبر التلوث بالمعادن الثقيلة مشكلة بيئية رئيسة، وينتج هذا التلوث في أغلب الأحيان من الأنشطة الصناعية مثل صهر المعادن والتعدين وعوادم الغازات وتوليد النفايات والطلاء الكهربائي وإنتاج الطاقة والوقود واستخدام الأسمدة والمبيدات الحشرية، هذا يؤدي إلى نفاذ كميات كبيرة من هذه المعادن إلى التربة والغلاف الجوي (Ataabadi *et al.*, 2010).

كما إن المصدر الرئيس لوجود العناصر الثقيلة في البيئات المائية هي من النوع البشري، من أهم المعادن الثقيلة من وجهة نظر تلوث المياه هي (الرصاص، الكادميوم، الزئبق، الزنك، النحاس، الكروم، النيكل) بعض هذه العناصر مثل (النحاس والزنك) تعتبر اساس للكائنات الحية ولكنها سامة عند وجودها في تراكيز عالية الاخر مثل الكادميوم والرصاص ليس لها وظيفة بيولوجية معروفة ولكنها عناصر سامة (Rashed, 2004).

تطورت دراسات عديدة للبحث عن إمكانية التخفيض من خطر التلوث بالعناصر الثقيلة فقد وجد الباحثون أن استخدام النباتات المعالجة للتلوث بالعناصر الثقيلة خيار بديل وفعال وصديق للبيئة، لذلك تزايد في العقد الأخير من القرن العشرين استخدام الأنواع النباتية لتنظيف ملوثات التربة والماء كتقنية حديثة حيث إن المعالجة النباتية تعتبر من التقنيات الحديثة لتنظيف الأنظمة المائية واليابسة الملوثة وتسمى أيضاً بالتقنية الخضراء التي يمكن أن تعالج المواقع الملوثة بدون أزعاج أو أرباك للمناظر الطبيعية إلى حد كبير(Hilman & Cully, 1987).

يمتاز نبات عدس الماء Lemna minor بكونه سريع النمو بواسطة الانتشار في العالم من المياه العذبة إلى مصبات المياه المالحة ،وينمو نبات عدس الماء بشدة ويكون حصيرة سميكة وبكثافة متكررة وبنوع واحدة فالبحيرة والبركة وتتكاثر جنسياً بالتزهير ليعطي بذوراً عند توفر الظروف الملائمة ، وتبين أن النمو السريع لعدس الماء يفيد في المعالجة النباتية للموثات المياه وتستعمل بصفتها كائنات اختباريه للدراسات البيئية وهو من النباتات التي تعيش عائمة على سطح الماء لا تنمو في التربة وليس لديها جذور حقيقية حيث إنها تمتلك وريقات خضراء لا يتجاوز أبعادها عدة ملليمترات ، شكل النبات العلوي يختلف عن السفلي وهو الجذر فهو على هيئة شعيرات صغيرة يتراوح طولها من 1-2 سم كما إن أزهار وثمار هذا النبات صغيرة للغاية، لا يزيد طولة عن4.8سم ويعرف هذا النبات بأنه أصغر النباتات المائية (Zayed, 1998).

كما يمتاز هذا النبات بأنه يعمل على منع نمو الطحالب نتيجة البساط الذي يشكله على سطح الماء ويقوم أيضاً بمنع تبخر الماء ويعمل على منع أنتشار البعوض والروائح الكريهة الناتجة من مياه الصرف الصحي، كما أنه مصدر للبروتين والنشا التي لهما قيمة إضافية مثل العلف الحيواني والإيثانول الحيوي (Muradov *et al.*, 2014) .

بعض النباتات ومنها نبات عدس الماء تعتبر مراكماً جيداً للعناصر الثقيلة ويقصد بالتراكم هو أنه تكون نسبة العناصر في النبات أكبر من نسبته في الوسط الذي ينمو فيه دون ظهور أي اعراض سمية على النبات حيث إن بعض العناصر يكون لها دور فسيولوجي للنبات مثل (الزنك النحاس) وبعضها ليس لها أي دور مثل الكادميوم والرصاص وغيرها (Alkorta *et al.*, 2004). حيث أن النباتات المُراكمة التي لها قدرة على مُراكمة العناصر الثقيلة قابلت أهتماماً كبيراً من الباحثين لأنها تتمتع بمُميزات مهمة في المعالجة النباتية (المياح و الأسدي، 2012) كما ان هذه النباتات يمكن استعمالها والاستفادة منها لاستخلاص الملوثات (العناصر الثقيلة) من التربة والمياه (الوهيبي، 2007) ، يُعزى سبب استعماله إلى صغر حجمهِ وتركيبه السهل ومعدل نموه السريع مما يجعله مناسباً للاختبارات السمية وتوصل إلى أن نبات عدس الماء له قابلية إزالة العناصر الثقيلة من الوسط الذي ينمو فيه (الحمداني وآخرون، 2011) .

1.1 مشكلة الدراسة

1- إن عملية تصريف مياه الصرف الصحي في منطقة الجبل الأخضر صعبة ومكلفة نسبياً، اذ تم الاتجاه إلى استعمال العديد من البدائل وبتكاليف منخفضة.
2- إن العناصر الثقيلة في مياه الصرف الصحي من المركبات الضارة بسبب طبيعتها غير القابلة للتحلل، كما إنها تمتلك خصائص تجعلها تتجمع وتتركز في الأعضاء المختلفة من جسم الإنسان والحيوان.

2.1 أهمية الدراسة

في ضوء المخاطر العالية التي نواجهها في الوقت الحالي نتيجة التلوث بالعناصر الثقيلة، حيث تطرقت الدراسة لمعرفة مدى خطورة هذه العناصر والمشاكل التي تسببها وإيجاد حلول لتخفيفها أو إزالتها من الوسط بطرق تقليدية ومصاحبة للبيئة.

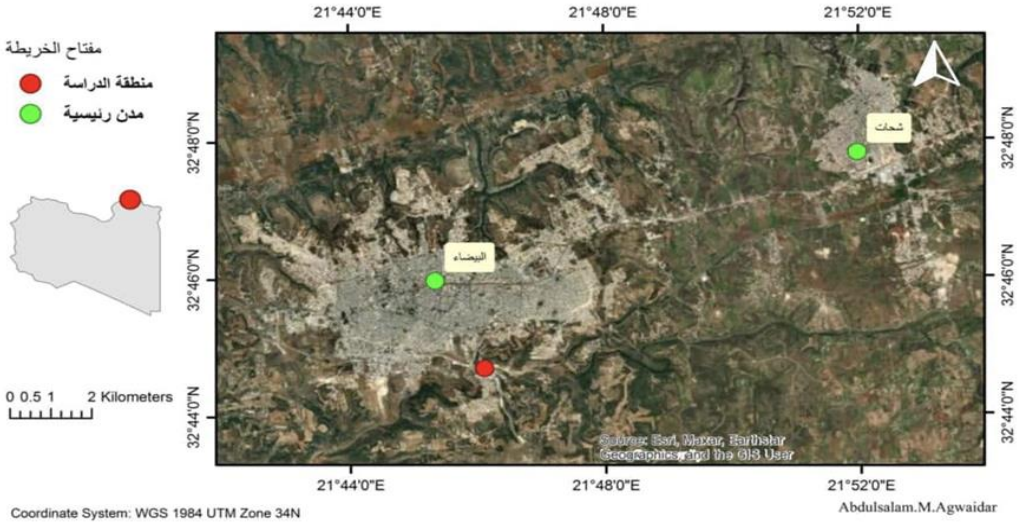
3.1 الهدف من الدراسة

تهدف هذه الدراسة إلى معرفة قدرة نبات عدس الماء على خفض تركيز الخواص الكيميائية وإزالة بعض العناصر الثقيلة من مياه مخلفات الصرف الصحي وتنقيتها قدر الإمكان بطريقة طبيعية وفي فترة قصيرة.

2. مواد وطرق البحث

1.2 موقع الدراسة

تمت هذه الدراسة في مدينة البيضاء والتي تقع شمال شرق ليبيا أعلى قمة الجبل الأخضر عند خط عرض 21.44 شمالاً مع خط طول 32.76 حيث تم اختيار موقع مصب مياه الصرف الصحي جنوب المدينة وأخذت منه عينة ماء الصرف الصحي وأجريت عليها بعض التحاليل.



شكل (1): خريطة موقع الدراسة

شكل (2): موقع أخذ العينة

شكل (3): موقع أخذ العينة

2.2 خطوات العمل

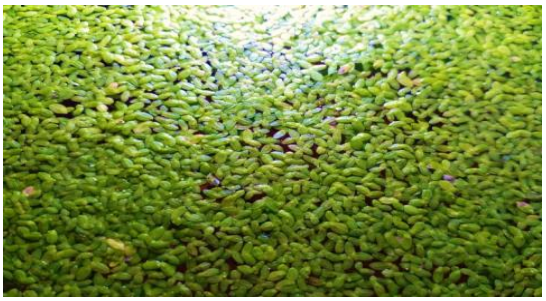
تمت هذه التجربة في مزرعة بمنطقة الأكوام (الغريقة) والتي تبعد عن مدينة البيضاء 9 كم وتم تطبيق التحاليل اللازمة حسب الطرق القياسية المعتمدة والواردة ((Black *et al*, 1965 وأجريت التحاليل في مختبر جامعة عمر المختار.

1.2.2 ماء الصرف الصحي وماء الري

- تم تحضير أحواض النمو مساحة كل منهم 1×2×0.20 = $0.4m^3$ الحوض الأول وضع فيه ماء الصرف الصحي والحوض الثاني ماء الري مع ترك مسافة 5سم أعلى كل حوض.
- أخذت عينة ماء الصرف الصحي من ماسورة الصرف الصحي الرئيسة جنوب مدينة البيضاء.
- وضع في كل حوض 200 لتر من الماء.
- تم إضافة سماد عضوي سائل لكلا الحوضين وهو عبارة عن خلط كيلوجرام واحد من روث الأبقار مع 2.5 لتر من الماء (Hassan, 2004) .
- بعد يومين من خلط السماد تمت إضافة لتر واحد لكل حوض.
- أجريت التحاليل الآتية قبل الزراعة، لماء الري – ماء الصرف الصحي.
- pH – EC – TDS – Cu – Zn – Pb – NO_3
- تم قياس pH الرقم الهيدروجيني بجهازpH meter والتوصيل الكهربائي EC بجهاز Multi-parameyer water وذلك بعد معايرة هذه الأجهزة حيث تم غمر قطب الجهاز في العينة بعد غسله بالماء المقطر وأخذ القراءات مباشرةً من شاشة الجهاز لكل عينة من عينات الدراسة .
- تم قياس TDS عن طريق العملية الحسابية إذ كانت قيمة EC أقل من5 ds/m تُضرب القيمة في 640 وإذا أكثر من 5ds/m تضرب القيمة في 800 .
- تم قياس Cu – Zn – Pb – Cd . بعد تحضير المحاليل القياسية لكل العناصر يتم أخذ 5مل من كل عينة لأجراء القياس فيه من خلال جهاز الامتصاص الذري Atomic adsorption.
- تم قياس NO_3 بجهاز الطيف اللوني Uv-Vis Spectrophotometer
- تم تحضير محلول النترات القياسي: عن طريق إذابة 0.7 جرام من نترات البوتاسيوم في لتر واحد من الماء و أخذ 50 مل من العينة وإضافة 1 مل من حامض الهيدروكلوريك وأخذ أيضاً 50 مل من الماء المقطر وإضافة 1 مل من حامض الهيدروكلوريك ثم تم قياس الامتصاص عند 220 نانو متر وقياس الامتصاص عند 275 نانو متر والناتج يتم طرحه من الامتصاص عند 220 نانو متر ثم تتم مقارنة الامتصاص الناتج من منحنى المعايرة القياسي المعد لهذه الأغراض (APHA, 2017).

2.2.2 المادة النباتية.

نبات عدس الماء وهو من جنس النباتات المائية الطافية العائلة Lemnaminor ـ صف أحاديات الفلقة Li Liopsida ـ تحت صف الاريكيات Arecidae ـ رتبة الاريكيات Arecales ـ الفصيلة اللمنية Lemnaceae (Cronqusit, 1981).



شكل (4) نبات عدس الماء*Lemna minor*

- تم جلب عينة النبات من موقع LY Green Aqua.
- تم زراعة عدس الماء في كلا الحوضين بكميات متساوية حيث وضع في كل حوض 150جم من النبات وذلك بتاريخ 1 مارس 2024.
- تم اعطاء النبات فتره كافية للنمو مع مراقبته ومتابعته.
- بعد إتمام النبات فترة نموه تم حصاد النبات وذلك بتاريخ 15 أبريل 2024.
- بعد حصاد النبات من الأحواض أخذت العينات إلى المعمل وتم قياس الوزن.
- وضعت عينات النبات في أطباق زجاج Pyrex وادخلت للفرن لمدة 24 ساعة عند درجة حرارة 65 درجة مئوية.
- بعد تجفيف العينات تم قياس الوزن الجاف لكليهما.
- بعد الانتهاء من عملية التجفيف تم أخذ وزن معلوم من المادة الجافة بعد طحنه جيداً وتمت عملية الهضم الرطب باستعمال الأحماض التالية حامض الكبريتيك المركز، H_2SO_4 ، فوق أكسيد الهيدروجين H_2O_2 حيث وزن (0.5) جرام من العينة النباتية الجافة والمطحونة ووضعت في دورق مخروطي حجم (100)مل ، ثم تمت إضافة (0.5) مل من حامض الكبريتيك المركز وتركت ليلة كاملة لاستكمال عملية الهضم ، ويضاف لها تدريجياً فوق أكسيد الهيدروجين وتترك لتبرد ويكمل الحجم بالماء المقطر في الدورق المعياري (Lowther, 1980) وتجهيزها لأجراء التحاليل المطلوبة
- إجراء التحاليل السابقة نفسها لماء الري – ماء الصرف الصحي –النبات.
- تم حساب النسبة المئوية للامتصاص العناصر الثقيلة باستخدام المعادلة الآتية

$$\text{نسبة الامتصاص الحيوي} = \left(\frac{\text{تركيز العنصر قبل المعالجة} - \text{تركيز العنصر بعد المعالجة}}{\text{تركيز العنصر قبل المعالجة}}\right) \times 100$$

جدول (1) : التراكيز المسموح بها لبعض العناصر الثقيلة المدروسة (US Environmental Protection Agency,2000)

الرمز	النسبة (ملجم /لتر)
Pb	0.015
Cd	0.003
Cu	1
Zn	5

- تم استخدام مؤشر التلوث في عملية تقييم المخاطر للمعادن الثقيلة واحتمالية تأثيرها السلبي في البيئه على النحو الآتي (Contamination Index (CI، وقد تم حساب مؤشر التلوث من خلال المعادلة الآتية:

$$CI = \left(\frac{Czn}{zn} + \frac{Ccu}{cu} + \frac{Cpb}{pb} + \frac{Ccd}{cd}\right)/4$$

حيث CI هو مؤشر التلوث .

Ccu , Czn , Cpb , Ccd هي التراكيز المقاسة في كل مصدر من المصادر المدروسة مقسومة على الحد الأقصى المسموح بها حسب الواصفات القياسية العالمية ، ويُعبر العدد 4 عن عدد العناصر المدروسة

تم تصنيف CI إلى ثلاث فئات

CI <1 (غير ملوث) CI= 1-5 (ملوث قليلاً) CI > 5 (ملوث) (Adamui&Ngane, 2015)

- أستخدام البرنامج الاحصائي Covariance analysis باستخدام برنامج SAS وحساب قيمة أقل فرق معنوياً باستخدام اختبار LSDعند مستوى معنوية 0.05 وفقاً (Gomez&Gomez ,1984)

3. النتائج والمناقشة

تم إجراء العديد من التحاليل الكيميائية لمياه الري ومياه الصرف الصحي قبل وبعد عملية المعالجة بنبات عدس الماء وتم تدوين النتائج المتحصل عليها في الجدول (2،3).

جدول (2): بعض الخصائص الكيميائية لمياه الري قبل وبعد المعالجة

الخاصية / العينة		PH	EC ds /m	TDS mg /l	Pb mg/l	Cd mg /l	Cu mg /l	Zn mg /l	NO_3 mg /l
ماء الري	قبل المعالجة	8.22	0.59	377.6	0.139	0.079	0.651	0.732	68.9
	بعد المعالجة	7.83	0.29	189.8	0.015	0.0016	0.578	0.253	21.3
متوسط القيم		8.25	0.44	283.75	0.0775	0.0403	0.614	0.492	45.1
المحسوبة T		2.77							
الجدولية T		2.13							
P – Value		**	**	**	**	**	**	**	**

* يوجد فروق معنوية ** يوجد فروق معنوية عالية ns لايوجد فروق معنوية

جدول (3): بعض الخصائص الكيميائية لمياه الصرف الصحي قبل وبعد المعالجة

الخاصية / العينة		PH	EC ds /m	TDS mg /l	Pb mg /l	Cd mg /l	Cu mg /l	Zn mg /l	NO_3 mg /l
ماء الصرف الصحي	قبل المعالجة	8.56	2.04	1305.6	0.431	0.993	0.946	0.740	92.5
	بعد المعالجة	8.53	1.57	1006.9	0.016	0.020	0.450	0.388	32.1
متوسط القيم		8.54	1.80	1156.2	0.223	0.506	0.698	0.564	62.3
المحسوبة T		2.77							
الجدولية T		2.13							
P – Value		ns	*	**	**	**	**	**	**

1.3 الأس الهيدروجيني pH

بينت النتائج المتحصل عليها من ماء الصرف الصحي قبل وبعد عملية المعالجة لا توجد فيها فروق معنوية حيث كانت قيمته قبل المعالجة 8.56 وبعد المعالجة 8.53 كما موضح في الجدول (3) الماء كانت قلوية نوعاً ما، يُعزى هذا السبب إلى إن عندما تكون قيمة الأس الهيدروجيني 8.5 أو أعلى تكون الايونات بشكل أكاسيد غير ذائبة وهيدروكسيدات يصعب على النبات امتصاصها (Li &Luan, 2015). أما في ماء الري فكانت هناك فروق معنوية عالية بين النتائج قبل وبعد المعالجة، قيمته قبل المعالجة كانت 8.22 وانخفضت إلى 7.83 كما موضح في الجدول (2).

2.3 التوصيل الكهربائي EC

أظهرت النتائج بأن في مياه الصرف الصحي توجد فروق معنوية في التوصيل الكهربائي، انخفضت قيمة التوصيل الكهربائي من 2.04 الى 1.57 كما موضح في الجدول (3) بينما في مياه الري كانت هناك فروق معنوية عالية بين نتائج قبل وبعد عملية المعالجة انخفضت من 0.59 الى 0.29 كما في الجدول (2).

3.3 الأملاح الذائبة الكلية TDS

الأملاح الذائبة الكلية هي مقياس لجميع المواد العضوية واللاعضوية الموجودة في الماء (أبو شرخ، 1999). بينت النتائج المتحصل عليها اختلاف واضح في نسبة الأملاح الذائبة الكلية في ماء الصرف الصحي وماء الري قبل وبعد المعالجة حيث كانت هناك فروق معنوية عالية وانخفاض نسبة الأملاح الذائبة الكلية في الماء بعد عملية المعالجة انخفضت قيمته في مياه الصرف الصحي من 1350.6 الى 1006.9 كما في الجدول (3)، وفي ماء الري من 377.8 الى 189.8 كما في الجدول (2).

4.3 عنصر الرصاص Pb

أظهرت النتائج المتحصل عليها تفاوت في قيم العنصر في ماء الصرف الصحي وماء الري قبل وبعد عملية المعالجة كما بين التحليل الإحصائي وجود فروق معنوية عالية بين النتائج حيث كانت نسبته في ماء الصرف الصحي قبل المعالجة 0.431 ملجم/لتر وبعد المعالجة 0.016 ملجم/لتر كما في الجدول (3)، اما في ماء الري فكانت قيمته 0.131 ملجم /لتر قبل المعالجة وانخفضت الى 0.015 ملجم /لتر كما في الجدول (2). هذه النتائج مقاربة لدراسة (السعدي , 2001) حيث وجد فيها ان نبات عدس الماء مرآكم جيد لعنصر الرصاص امتص الرصاص بنسبة 79%.

5.3 عنصر الكادميوم Cd

بينت النتائج إن هناك تغيراً ملحوظاً في قيم عنصر الكادميوم قبل وبعد المعالجة في ماء الصرف الصحي وماء الري وأظهر التحليل الإحصائي وجود فروق معنويه عالية حيث انخفضت قيمته في ماء الصرف الصحي من 0.993 ملجم /لتر إلى 0.020 ملجم /لتر كما هو موضح في الجدول (3) كذلك انخفضت قيمته في ماء الري من 0.079لجم /لتر الى 0.0016 ملجم /لتر كما هو موضح في الجدول (2) هذا يتفق مع دراسة (عبد الكريم، 2023) التي ازال عدس الماء عنصر الكادميوم من ماء لصرف صحي بكفاءة 90%.

6.3 عنصر النحاس Cu

أوضحت النتائج بأن عنصر النحاس في ماء الصرف الصحي وماء الري انخفضت قيمته بعد عملية المعالجة كما اوضح التحليل الإحصائي وجود فروق معنوية عالية بين القيم قبل وبعد عملية المعالجة ، انخفضت قيمة النحاس في ماء الصرف الصحي من 0.946 ملجم /لتر إلى 0.450 ملجم /لتر كما في الجدول (3) أما في ماء الري فانخفضت من 0.651 ملجم /لتر إلى 0.578 ملجم /لتر كما في الجدول (2) ، قد يكون سبب هذ الانخفاض ان النباتات المائية والتي منها عدس الماء تأخذ العناصر النزرة (الحديد – الزنك - النحاس) من الرواسب والمياه لغرض النمو والتطور (Spiegel, 2002).

7.3 عنصر الزنك Zn

بينت النتائج انخفاض في قيمة عنصر الزنك في ماء الصرف الصحي وماء الري بعد عملية المعالجة النباتية كما وضح التحليل الإحصائي وجود فروق معنوية عالية حيث انخفضت قيمة عنصر الزنك في ماء الصرف الصحي من0.740 ملجم / لتر الى 0.388 كما في الجدول (3) وفي ماء الري من0.732 إلى 0.253 ملجم /لتر كما في الجدول (2). هذه الدراسة مقاربة لدراسة (طالب، 2015) لاحظ فيها إن قيم الزنك كانت مرتفعة في اليوم الأول ثم يحصل انخفاض لهذه القيم خلال فترة المعالجة. أشار الباحثان (Mkandaire & Dudel,2005) إن نبات عدس الماء يمكن أن يستعمل كمؤشر للتلوث الزنكي وللنقل الزنكي من المياه الملوثة ألي النبات حيث يقوم النبات بسحب الزنك من البيئة المحيطة إلى الداخل .

8.3 النترات No_3

بينت النتائج انخفاض في قيمة النترات في ماء الصرف الصحي وماء الري بعد عملية المعالجة النباتية كما أظهر التحليل الإحصائي وجود فروق معنوية عالية بين قيم النترات قبل وبعد المعالجة حيث انخفضت قيمة النترات في ماء الصرف الصحي من 92.5ملجم/لتر الى 32.1 ملجم / لتر ونسبة امتصاص النبات 65% كما في الجدول (3) أما في ماء الري فانخفضت من 68.9 ألي 21.3 ونسبة امتصاص النبات 69% كما في الجدول (2) . يُعزى سبب هذا الانخفاض نضراً لحاجة النباتات المستمرة للمغذيات لغرض النمو والتكاثر حيث إن النترات تعتبر من المغذيات الاساسية للنبات (حسين، 2015). هذه النتائج مقاربة الى ما توصل إليه (Quiroz *et al*, 1982) في هذه الدراسة لاحظ انخفاض قيم النترات كلما طالت فترة المعالجة مما يؤكد استهلاك عدس الماء لنترات خلال فترة نموه وتكوين خلايا جديده حيث إن عدس الماء له القدرة على إزالة مستويات عالية من النترات من البيئة التي يعيش فيها.

جدول (4): الوزن الرطب والجاف للنبات في الحوضين

النبات	ماء الري	ماء الصرف الصحي
الوزن الرطب	700جم	950جم
الوزن الجاف	284جم	515 جم

جدول (5) : قيم العناصر الثقيلة والنترات في النبات

الخاصية / العينة		Pb mg /l	Cd mg /l	Cu mg /l	Zn mg /l	NO_3 mg /l
النبات	نبات ماء الري	0.143	0.067	0.443	0.680	2.84
	نبات ماء الصرف الصحي	0.462	0.806	0.505	0.791	4.61

متوسط القيم	0.302	4360.	0.474	0.735	3.72
T المحسوبة	2.77				
T الجدولية	2.13				
Pv - Value	**	**	**	**	**

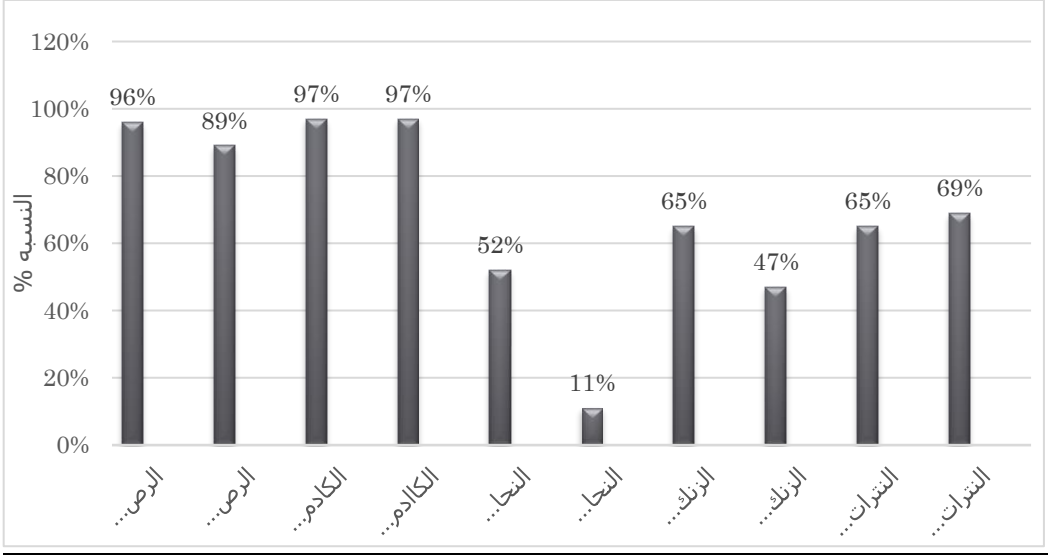
من خلال النتائج المتحصل عليها في الجدول (4) تبين إن وزن عينة النبات الرطب لماء الصرف الصحي 950جم وماء الري 700 جم وتم تجفيف هذه العينات ووزنها، كان وزن عينة نبات ماء الصرف الصحي بعد التجفيف 515 جم أعلى من نبات ماء الري 284 جم وقد يعود ذلك إلى إن ماء الصرف الصحي يحتوي على نسب عالية من العناصر الثقيلة أعلى من نبات ماء الري.

جدول (5) يوضح إن عنصر الرصاص في نبات حوض ماء الصرف الصحي قيمته أعلى من حوض ماء الري فهي 0.462 ملجم /لتر أما في ماء الري 0.143 ملجم /لتر حيث كانت نسبة الامتصاص في حوض ماء الصرف الصحي 96% أما في حوض ماء الري 89% كما بينت النتائج فإن قيمة عنصر الكادميوم في نبات حوض ماء الصرف الصحي 0.806 ملجم /لتر أعلى من نبات حوض ماء الري قيمته 0.067 ملجم /لتر أما نسبة الامتصاص الحيوي للعنصر في الحوضين متساوية 97%. أما عنصر النحاس في نبات حوض ماء الصرف الصحي0.505 ملجم /لتر فأعلى من قيمته في نبات حوض ماء الري 0.443 ملجم/لتر ، نسبة الامتصاص في ماء الصرف الصحي 52% أما في ماء الري 11% و بينت النتائج أن قيمة عنصر الزنك في نبات ماء الصرف الصحي 0.791 أعلى من نبات ماء الري 0.731 ، حيث إن نسبة امتصاص النبات في ماء الصرف الصحي 47% وماء الري 65% كما أظهرت النتائج أن قيمة النترات في نبات ماء الصرف الصحي 4.6 ملجم /لتر وقيمته في نبات ماء الري 2.84 ويعزى سبب تراكم العناصر في النبات أنه عندما يمتص العناصر الثقيلة يتحفز لتكوين مركبات نباتية تعرف بالمخلبيات النباتية تحيط ذرات العناصر الملوثة وتراكمها داخل الفجوات الموجودة في خلايا الأنسجة النباتية (الوهيبي، 2006)

9.3 النسب المئوية لامتصاص العناصر

شكل (5) يوضح إن أعلى نسبة إزالة لبعض العناصر كانت في ماء الصرف الصحي أعلى من ماء الري فيما عدا عنصر الزنك Zn كانت له نسبة إزالة أعلى في ماء الري من ماء الصرف الصحي، كما إن هناك تباين في نسب الامتصاص أعلى نسبة كانت عنصر الكادميوم يليه الرصاص يليه النترات والنحاس ثم الزنك في ماء الصرف الصحي أما في ماء الري فأعلى نسبة امتصاص كانت في عنصر الكادميوم يليه الرصاص يليه النترات ثم الزنك ثم النحاس.

من هذه النتائج تبين ان النبات اختلفت قدرته على امتصاص وتراكم العناصر الثقيلة تبعاً لنوع العنصر وتركيزه في الوسط لهذا السبب كانت نسبة امتصاص النبات للعناصر الثقيلة من ماء الصرف الصحي أعلى من ماء الري، حيث تحتوي مياه الصرف الصحي على تراكيز عالية من العناصر الثقيلة التي كان لها دور في نمو النبات وتكاثره ، كما لوحظ النمو بشكل واضح في حوض ماء الصرف الصحي أكثر من ماء الري، ونمو النبات في البيئات الملوثة يوضح مدى قدرته على تحمل تراكيز عالية من العناصر الثقيلة ، أما بالنسبة لعنصر الزنك فقد يكون السبب في إن نسبته في ماء الصرف الصحي وماء الري متقاربة جداً قبل عملية المعالجة لهذا السبب كانت نسبة الإزالة أعلى في ماء الري من ماء الصرف ، كما أظهر النبات ألفة عالية لامتصاص عنصر معين بنسبة عالية وهو (الكادميوم) ويمكن القول بأنه من أكثر العناصر الثقيلة المستحبة لنبات عدس الماء .



شكل (5): نسب أمتصاص النبات للعناصر الثقيلة والنترات من مياه الصرف الصحي ومياه الري

10.3 حساب مؤشر التلوث

تم حساب مؤشر التلوث للعناصر الثقيلة المدروسة Pb-Cd-Cu –Zn في مياه الصرف الصحي قبل عملية المعالجة وكذلك بعد عملية المعالجة وبينت النتائج أن :

Contamination Index – CI في مياه الصرف الصحي قبل عملية المعالجة بالنبات قيمته 92.5 وهذا يعني أن الماء ملوث بنسبة عالية.

نسبة التلوث في مياه الصرف الصحي بعد المعالجة فقيمتها 2.1 هذا يعني إن الماء ملوث ولكن بنسبة منخفضة. وهذا يدل على إن النبات المستخدم في الدراسة كانت له القدرة على خفيض نسبة التلوث في ماء الصرف الصحي وأثبت قدرته على امتصاص العناصر الثقيلة المختلفة وتغير حالة الماء من نسبة تلوث عالية إلى نسبة تلوث منخفضة جداً.

4. المراجع

1.4 المراجع العربية

أبو شرخ، ماجد (1999). نوعية المياه في مدينة الخليل. أصدارات مركز أبحاث رابطة الفلسطينيين.

بوراوي، محمد علي. (2018). تقدير بعض العناصر الثقيلة في مياه الأبار الجوفية بمنطقة ازدو – زليتن ومدى تأثير بحيرة الصرف الصحي عليها. مجلة العلوم التربوية، مجلد 4، 84-96.

الأشقر، نظام محمود، مسلم، علاء محمود، محمد، خلدون. (2019). مخلفات الصرف الصحي ومحطات معالجتها. المجلة العربية للعلوم والأبحاث – مجلة إدارة المخاطر والأزمات. العدد (1). مجلد (1).

الحمداني، أبراهيم عمر.، الشهداني، يحي داؤد، النعيمي، خليل أبراهيم. (2011). دراسة كفاءة نبات عدس الماء *Lemna spp* في سحب الملوثات وتنظيف مياه المجاري . المؤتمر العلمي الرابع. كلية التربية. جامعة لسمراء:30-31 أذار 19-29

المياح، عبد الرضا أكبر.،الأسدي، وداد مزيان .(2012). المقدرة التراكمية لنباتي *Ceratophyllm demersum A* لبعض العناصر الثقيلة مختبرياً. مجلة أبحاث البصرة العلميات، الجزء2 – 38: 72 – 85. *Hydrilla verticillata*

الوهيبي، محمد بن حمدان. (2007). ظاهرة تراكم العناصر الثقيلة في النباتات. مجلة علوم الحياة السعودية. المجلد 14 (2): 1 – 28

جبار، نور أنور. (2019). المعالجة النباتية باستخدام النباتات للسيطرة على التلوث. بحث بكالوريوس. جامعة ذي قار / كلية العلوم.

2.4 المراجع الانجليزية

Adamui, C., & Ngane, T. (2015). Heavy metal contamination and health risk assessment associated with abandoned barite mines in Cross River state, southeastern Nigeria. *Environmental Nanotechnology, Monitoring and Management, 3*, 10-13.

Alkorta, I., Becerril, J. M., Albizu, I., & Amezaga, I. (2004). Recent findings on the phytoremediation of soils contaminated with environmentally toxic heavy metals and metalloids such as zinc, cadmium, lead, and arsenic. *Environmental Science and Bio/Technology, 3*, 71-90.

Alloway, B. J. (Ed.). (1995). *Heavy metals in soils*. Blackie Academic and Professional.

American Public Health Association, American Water Works Association, & Water Environment Federation. (2017). *Standard methods for the examination of water and wastewater* (23rd ed.).

Amoah, P. (2008). An analysis of the quality of wastewater used for vegetables in Accra, Kumasi, and Tamale, Ghana. In M. Redwood (Ed.), *Agriculture in urban planning: Generating livelihoods and food security* (pp. 103-115). Earthscan.

Ataabadi, M., Najafi, P., & Hoodaji, M. (2010). Heavy metals biomonitoring by plants grown in an industrial area of Isfahan Mobarakeh Steel Company. *Journal of Environmental Studies, 35*(52), 25-27.

Banana, A., Efaq, A. N., Mohamed, R. M. S. R., Al-Gheethi, A. A. S., & Gadawi, A. (2008). Environmental impact assessment for disposal of sewage into seawater at Sabratah, Libya. *Journal of Environmental Protection and Ecology, 9*(4), 797-809.

Black, C. A., Evans, D. D., Ensminger, L. E., White, J. L., & Clark, F. E. (Eds.). (1965). *Methods of soil analysis: Part 2. Chemical and microbiological properties*. American Society of Agronomy.

Chevre, N., Blaise, C., & Gagne, F. (2003). Development of a biomarker-based index for assessing the ecotoxic potential of aquatic sites. *Biomarkers, 8*(3-4), 287-298.

Cronquist, A. (1981). *An integrated system of classification of flowering plants*. Columbia University Press.

Duruibe, J. O., Ogwuegbu, M. O. C., & Egwurugwu, J. N. (2007). Heavy metal pollution and human biotoxic effects. *International Journal of Physical Sciences, 2*(5), 112-118.

Ensley, B. D. (2000). Rationale for the use of phytoremediation. In I. Raskin & B. D. Ensley (Eds.), *Phytoremediation of toxic metals: Using plants to clean up the environment* (pp. 3-12). John Wiley & Sons.

Garbisu, C., & Alkorta, I. (2001). Phytoextraction: A cost-effective plant-based technology for the removal of metals from the environment. *Bioresource Technology, 77*(3), 229-236.

Gomez, K. A., & Gomez, A. A. (1984). *Statistical procedures for agricultural research* (2nd ed.). John Wiley & Sons.

Gregg, L. (1989). *Water analysis handbook*. HACH Company.

Hassan, M. (2004). *The feasibility of family biogas production from mixed organic wastes in Palestinian rural areas* [Master's thesis, An-Najah National University].

Hillman, W. S., & Culley, D. D. (1978). The uses of duckweed: The rapid growth, nutritional value, and high biomass productivity of these floating plants suggest their use in water treatment, as feed crops, and in energy-efficient farming. *American Scientist, 66*(4), 442-451.

Kazemi, N., Khavari-Nejad, R. A., Fahimi, H., Saadatmand, S., & Nejad-Sattari, T. (2010). Effects of exogenous salicylic acid and nitric oxide on lipid peroxidation and antioxidant enzyme activities in leaves of *Brassica napus* L. under nickel stress. *Scientia Horticulturae, 126*(3), 402-407.

Li, J., & Luan, Y. (2015). Meta-analysis of the copper, zinc, and cadmium absorption capacities of aquatic plants in heavy metal-polluted water. *International Journal of Environmental Research and Public Health, 12*(12), 14958-14973.

Lowther, J. R. (1980). Use of a single H_2SO_4-H_2O_2 digest for the analysis of *Pinus radiata* needles. *Communications in Soil Science and Plant Analysis, 11*(2), 175-188.

Mkandawire, M., & Dudel, E. G. (2005). Accumulation of arsenic in *Lemna gibba* L. (duckweed) in tailing waters of two abandoned uranium mining sites in Saxony, Germany. *Science of the Total Environment, 336*(1-3), 81-89.

Muradov, N., Taha, M., Miranda, A. F., Kadali, K., Gujar, A., Rochfort, S., ... & Mouradov, A. (2014). Dual application of duckweed and azolla plants for wastewater treatment and renewable fuels and petrochemicals production. *Biotechnology for Biofuels, 7*, Article 30.

Nabil, S. M., Rushdi, A. I., & Al-Mikhlafi, A. S. (2008). Heavy metal concentrations in marine green, brown, and red seaweeds from coastal waters of Yemen, the Gulf of Aden. *Environmental Geology, 55*(3), 653-660.

Oloya, T., & Tagwira, F. (1996). Land disposal of sewage sludge and effluent in Zimbabwe: Effects of applying sewage sludge and effluent on elemental accumulation and distribution in soil profile. *Zimbabwe Journal of Agricultural Research, 34*(1), 11-18.

Oron, G., Porath, D., & De-Vegt, A. (1988). Nitrogen removal and conversion by duckweed grown on wastewater. *Water Research, 22*(2), 179-184.

Pajević, S., Borišev, M., Rončević, S., Vukov, T., & Igić, R. (2002). *The chemical analysis of food*. Chemical Publishing.

Quiroz, F., Miranda, G., & Lot, A. (1982). Uso potencial de algunas hidrófitas como abono verde en la zona chinampera de Xochimilco. *Biotica, 9*(4), 631-633.

Radoslaw, Z., Adam, L., & Piotr, S. (2007). Comparison of green alga *Cladophora* sp. and *Enteromorpha* sp. as potential biomonitors of chemical elements in the southern Baltic. *Science of the Total Environment, 387*(1-3), 320-332.

Rajakaruna, N., Tompkins, K. M., & Pavicevic, P. G. (2006). Phytoremediation: An affordable green technology for the clean-up of metal-contaminated sites in Sri Lanka. *Ceylon Journal of Science (Biological Sciences), 35*(1), 25-39.

Rai, P. K. (2008). Phytoremediation of Hg and Cd from industrial effluent using an aquatic free-floating macrophyte *Azolla pinnata*. *International Journal of Phytoremediation, 10*(5), 430-439.

Rashed, M. N. (2004). Biomarkers as indicator for water pollution with heavy metals in rivers, seas and oceans. *Proceedings of the 2nd Asia Pacific Association of Hydrology and Water Resources Conference*, Singapore.

Saxena, P., & Misra, N. (2010). Remediation of heavy metal contaminated tropical land. In I. Sherameti & A. Varma (Eds.), *Soil heavy metals* (pp. 431-477). Springer.

Spiegel, H. (2002). Trace element accumulation in selected bioindicators exposed to emissions along the industrial facilities of Danube lowland. *Turkish Journal of Chemistry, 26*(6), 815-823.

Stavrianou, W. (2007). *The Western Australian Contaminated Sites Act 2003: The applicability of risk assessment as a basis for assessment and management of site contamination*. Australian National University.

U.S. Environmental Protection Agency. (2000). *Introduction to phytoremediation* (EPA/600/R-99/107). National Risk Management Research Laboratory.

Van Nevel, L., Mertens, J., Oorts, K., & Verheyen, K. (2007). Phytoextraction of metals from soils: How far from practice? *Environmental Pollution, 150*(1), 34-40.

Zayed, A., Gowthaman, S., & Terry, N. (1998). Phytoaccumulation of trace elements by wetland plants: I. Duckweed. *Journal of Environmental Quality, 27*(3), 715-721.

Zirschky, J., & Reed, S. C. (1988). The use of duckweed for wastewater treatment. *Journal of the Water Pollution Control Federation, 60*(7), 1253-1258.

Effect of Water Lentlis Plant *(Lemina Minor)* on Some Chemical Properties of Swage Water in AL-Bayda City

Abdul Qader Mohammed Saleh Bojadeda[1], Basit Saeed Embarek[2], and Munira Suleiman Attia[2]

[1]Agricultural Engineering, Omar Al-Mukhtar University
[2]Environmental Sciences, Omar Al-Mukhtar University

Abstract

A field experiment was carried out on one of the farms in the Al-Ghariqa area during the month of March 2025 with the aim of studying the effect of the duckweed plant Lemna minor on the removal of some heavy metals (lead Pb - cadmium Cd - zinc Zn - copper Cu - nitrates (NO_3) and some chemical properties (pH - EC - TDS) in wastewater. It included the establishment of two basins, the first for wastewater and the second for the witness, and adding fertilizer (cow dung) to them, then planting the duckweed plant in the two basins. Appropriate chemical analyses were conducted for the water before and after the planting process, and the plant was harvested after the end of the germination process. The dry and wet weight of the plant was taken in both basins and the percentage of the studied elements in the plant was measured. Covariance analysis was conducted and significant differences between the means were tested using the least significant difference (LSD) at a significance level of (0.05). The results obtained were summarized as follows: The duckweed plant has a

high efficiency in reducing the concentration of the elements (Pb-Cd-Zn-Cu-NO_3) by (96% 8.56 -97% - 52% - 47% - 65%) respectively. Covariance analysis was conducted and significant differences between the means were tested using the least significant difference (LSD) at a significance level of (0.05). The results obtained were summarized as follows: The duckweed plant has a high efficiency in reducing the concentration of the elements (Pb-Cd-Zn-Cu-No3) by (96% 8.56 -97% - 52% - 47% - 65%) respectively. Based on the model presented in this study, we find that wastewater treatment using the duckweed plant (*Lemna minor*) is a promising economic system recommended for treatment operations.

Keywords: Heavy metals; *Lemna minor* (Duckweed); Wastewater.

The First Scientific Conference of the Faculty of Science – Sirte University
Environmental Pollution and Challenges of Environmental Sustainability (EPESC), Oct.14, 2025

التلوث الصناعي للمياه كتهديد للأمن المائي: مقاربة قانونية لحماية الموارد المائية

نادية علي سليمان دهيكيل

القسم الدولي العام، كلية القانون، جامعة سرت، دولة ليبيا

Corresponding Author Email: nnwr59905@gmail.com

المُلخص: يُعَدّ التلوث الصناعي للمياه من أخطر التحديات التي تُهدّد منظومة الأمن المائي، نظراً لما يخلّفه من انعكاسات مباشرة على الصحة العامة والتوازن البيئي، فضلاً عن آثاره العميقة على حقوق الإنسان وتحقيق أهداف التنمية المستدامة. ومن هذا المنطلق، تسعى هذه الدراسة إلى إثراء الفكر القانوني بتحليل دقيق للعلاقة القائمة بين التلوث الصناعي للمياه والأمن المائي، بما يفتح آفاقاً بحثية جديدة تواكب ما تطرحه البيئة المائية المعاصرة من إشكالات متنامية، كما ترمي الدراسة إلى صياغة مقترحات عملية موجّهة إلى صانعي القرار والمشرّعين، بغية تطوير تشريعات مائية أكثر كفاءة وفاعلية. وفي هذا السياق، تُعالج الدراسة إشكالية محورية تتمثل في مدى نجاعة القواعد القانونية الوطنية والدولية في الحد من التلوث الصناعي للمياه، خاصة في ظل ما تشهده بعض التشريعات من قصور بنيوي وضعف على مستوى الرقابة والتنفيذ، ومن ثمّ، يبرز الهدف الأساسي للدراسة في الكشف عن التحديات التي تعيق الجهود الرامية إلى مكافحة هذا النوع من التلوث، مع إبراز التدابير القانونية الكفيلة بتعزيز الحماية المائية. واعتمدت الدراسة لتحقيق ذلك على المنهج التحليلي، من خلال تفكيك النصوص القانونية ذات الصلة وبيان مضامينها وحدود فعاليتها، كما استعانت بالمنهج المقارن لاستجلاء أوجه التباين بين النظم القانونية المختلفة، واستخلاص أفضل الممارسات التشريعية في مواجهة التلوث الصناعي للمياه.

ولقد أظهرت نتائج الدراسة أن فعالية التشريعات الوطنية ما زالت محدودة، نتيجة الهوة القائمة بين النصوص والتطبيق، إضافة إلى قصور هذه التشريعات عن توفير حماية قانونية شاملة لكافة الموارد المائية، حيث اقتصرت الحماية – في الغالب – على

Article History:

Received: 09 April 2025

Revised: 27 May 2025

Published: 15 November 2025

الكلمات المفتاحية:
الأمن البيئي؛ الأمن المائي؛ التلوث الصناعي؛ الحماية القانونية؛ الموارد المائية.

المياه البحرية، في مقابل ضعف الاهتمام بالمياه العذبة، وهو ما أضعف من شمولية ونجاعة الحماية القانونية، كما تبيّن أن المنظومة القانونية، على المستويين الوطني والدولي، تفتقر إلى آليات رقابية وقضائية تتمتع بالكفاءة اللازمة لضمان التطبيق الفعلي للقواعد المنظمة.

وانطلاقاً من هذه النتائج، توصي الدراسة بجملة من التدابير، من أبرزها: اعتماد آليات جباية بيئية ذات طابع تحفيزي، تقوم على فرض رسوم على الأنشطة الصناعية الملوِّثة، ترسيخاً لمبدأ تحميل الملوِّث تكلفة التلوث؛ وتفعيل التخطيط البيئي المرجعي من خلال إبرام عقود بيئية تُلزم المؤسسات الصناعية باحترام المعايير البيئية؛ بالإضافة إلى ضرورة تعزيز الحماية القانونية للمياه العذبة عبر نصوص صريحة تُقرّ جزاءات صارمة، تحقيقاً لمبدأ المساواة في الحماية بين المياه المالحة والعذبة، وبما يُكرّس تكاملاً وتشابكاً في القواعد القانونية الضامنة لصون الموارد المائية.

مقدمة:

تُعد الموارد المائية من أثمن الثروات الطبيعية، وتُشكّل ركيزة أساسية لاستمرار الحياة على وجه الأرض، إذ تتجاوز المياه كونها عنصر اقتصادي أو بيئي لتُمثل عصب الصحة العامة، وأداة محورية لتعزيز الحقوق كافة، ومن ثم، أضحى الحفاظ على الموارد المائية أحد المرتكزات الجوهرية ضمن منظومة الأمن البيئي، التي تهدف إلى حماية البيئة ومكوناتها من المخاطر التي تهدد استدامتها، وفي هذا السياق، أدرك المجتمع الدولي مبكراً خطورة التدهور البيئي، فأولى اهتماماً خاصاً بالموارد المائية عبر إقرار جملة من الاتفاقيات والمبادئ القانونية التي كرست حق الإنسان في الحصول على مياه مأمونة، مما ساهم في بلورة مفهوم الأمن المائي بوصفه الحماية لتأمين المياه كماً ونوعاً للأجيال الحالية والقادمة.

ومع ذلك، يوجه هذا الأمن تهديدات متصاعدة ناجمة عن التأثيرات السلبية للأنشطة الصناعية غير المنظمة، والتي تتفاقم حدتها بتسارع وتيرة التوسع الصناعي في ظل ضعف الالتزام بالمعايير البيئية، إذ تُشكّل النفايات الصناعية، سواء السائلة أو الصلبة، أحد أبرز مصادر تلوث المياه، بما تحويه من مكونات كيمائية ومواد سامة ذات أثر على صحة الإنسان والنظام البيئي ككل، ويترتب على هذا الواقع تفاقم في معدلات ندرة المياه، وتهديد مباشر للحق في بيئة سليمة، باعتباره من الحقوق الأساسية المرتبطة بالحق في الحياة، ولأجل ذلك، بادرت العديد من الدول العربية، ومن بينها ليبيا والمغرب، إلى تبني تشريعات وطنية تهدف إلى مكافحة التلوث الصناعي للمياه، عبر إدراج مبادئ وأحكام قانونية تسعى إلى حماية الموارد المائية من التدهور، بما يساهم في ترسيخ الأمن المائي.

أهمية البحث:

يكتسي هذا البحث أهمية علمية وعملية متكاملة؛ فعلى الصعيد العلمي، يسعى إلى إثراء الفكر القانوني بتحليل العلاقة بين التلوث الصناعي للمياه والأمن المائي، عبر دراسة الإطارين النظري والتطبيقي، ورصد أوجه القصور القائمة في المنظومتين الدولية والوطنية، مما يفتح المجال أمام مزيد من الأبحاث القانونية المواكبة للتحديات البيئية المعاصرة، ويعزز من فهم الطبيعة المركبة لهذا التلوث ضمن منظومة الحقوق البيئية والإنسانية.

أما من الناحية العملية، فإن البحث يقدم معالجة مدعمة باقتراحات قانونية قابلة للتنفيذ، مما يساهم في تعزيز حماية الموارد المائية، خاصة في السياقات التي تتسم بضعف البنية القانونية والرقابية. وبهذا تندمج الأهمية النظرية

بالتطبيقية، بما يجعل هذا البحث مساهمة في تطوير الاستجابة القانونية لمخاطر التلوث الصناعي للمياه على الأمن المائي، ودعماً لصانعي القرار والمشرعين نحو تعزيز التشريعات البيئية ذات كفاءة.

إشكالية البحث:

رغم الاعتراف المتزايد بحق المياه كحق أصيل من حقوق الإنسان ومقوم رئيسي للحياة، إلا إن الموارد المائية لا تزال عرضة لتهديدات جسيمة بسبب التلوث الصناعي للمياه، مما يترب عليه انتهاكاً للأمن المائي وبالتبعية باقي حقوق الإنسان الأخرى، وبناءً على ذلك، تتمحور الإشكالية الأساسية لهذه الدراسة، في التساؤل الرئيسي وهو: هل تكفي القواعد القانونية التي أقرها القانون الدولي البيئي والتشريعات الوطنية في ليبيا والمغرب لمواجهة التلوث الصناعي للمياه؟ بمعني إلى أي مدى يمكن التعويل عليها لتوفير الحماية القانونية الفعالة للموارد المائية من هذا التلوث بما يعزز الأمن المائي؟ ويتفرع عن هذه الإشكالية الأسئلة الفرعية التالية:

- ما هي أبرز التحديات القانونية التي تعيق مكافحة التلوث الصناعي للمياه؟
- وما هي التدابير القانونية للحماية من التلوث الصناعي للمياه؟

أهداف البحث:

يهدف هذا البحث، إلى بيان ماهية التلوث الصناعي للمياه، وذلك من حيث تحديد مفهومه واسبابه القانونية والواقعية. وانعكاساته على الأمن المائي، وأيضاً يسعى هذا البحث إلى توضيح ماهية الأمن المائي، عبر توضيح مفهومه وبيان معاييره الدولية، كما يهدف البحث إلى استعراض وتحليل القواعد القانونية الدولية والوطنية لمكافحة التلوث الصناعي للمياه، مع التركيز على مدى فعالية هذه القواعد في مكافحة هذا التلوث وحماية الموارد المائية منه، وفي ذات السياق، يهدف البحث إلى الكشف عن التحديات القانونية القائمة التي تعيق عملية مكافحة التلوث الصناعي للمياه، وتأثره على تحقيق أمن مائي فعّال، لا سيما في الدول النامية، مثال ليبيا، وأخيراً يتطلع البحث إلى الإفصاح عن التدابير القانونية لتعزيز الحماية الفعالة من أخطار التلوث الصناعي للمياه، بما يضمن تحقيق الأمن المائي.

منهج البحث:

اعتمد هذا البحث لتحقيق أهدافه على مزيج متكامل من المناهج القانونية التي تتضافر فيما بينها لتحقيق معالجة شاملة للموضوع، وذلك على النحو الآتي:

ابتداءً، تم توظيف المنهج الوصفي لاستعراض ووصف الإطارين النظري والتطبيقي المتعلقين بتلوث الصناعي للمياه والأمن المائي، بما يتيح رصد واقع الحماية القانونية القائمة، وانطلاقاً من هذا الوصف، تم الانتقال إلى المنهج التحليلي لتحليل النصوص القانونية الدولية والوطنية لمكافحة التلوث الصناعي للمياه، بهدف تقييم مدى فعاليتها وكفاءتها.

ولتجاوز حدود العرض والتحليل، استعان البحث بالمنهج النقدي لتسليط الضوء على أوجه القصور والثغرات العملية التشريعية في هذه النصوص، واستكمالاً لهذا المسار المنهجي، تم توظيف المنهج المقارن لمقارنة التشريعات الوطنية، وخاصة التشريع الليبي، مع بعض التجارب التشريعية العربية كالتشريع المغربي، فضلاً عن مقارنة هذه التشريعات بالصكوك الدولية، وذلك بهدف استكشاف أوجه التشابه والاختلاف، واستلهام أفضل الممارسات القانونية والأكثر انضباطاً والتزاماً بالمعايير الدولية ذات الصلة، للوصول إلى اقتراح سبل قانونية عملية لمكافحة التلوث الصناعي للمياه بما يكفل الحماية المجدية للموارد المائية.

لمعالجة إشكالية البحث بشكل عميق ومترابط، تم تقسيم البحث باعتماد الخطة الثنائية على النحو الآتي:

المبحث الأول: الإطار القانوني لتلوث الصناعي للمياه والأمن المائي.

المطلب الأول: ماهية التلوث الصناعي للمياه.

المطلب الثاني: ماهية الأمن المائي.

المبحث الثاني: أحكام الحماية القانونية لمواجهة التلوث الصناعي للمياه.

المطلب الأول: القواعد القانونية للحماية من التلوث الصناعي للمياه.

المطلب الثاني: تحديات حماية المياه من التلوث الصناعي، وتدابير تعزيزها.

الخاتمة: النتائج والتوصيات.

المبحث الأول: الإطار القانوني لتلوث الصناعي للمياه والأمن المائي

يعُد التلوث الصناعي للمياه سواء كان محلي أو عابر للحدود من أخطر التحديات البيئية الناجمة عن الأنشطة البشرية، لاسيما الصناعية والزراعية والتكنولوجية، لما له من أثر مباشر على البيئة وصحة الإنسان، عبر تلوث مصادر المياه بالمواد السامة الناتجة عن تصريفات النفايات الصناعية، (عطية، 1992م، ص139.). وعليه، تهدف هذه الدراسة إلى تكوين فكرة أكثر وضوحاً عن أضرر التلوث الصناعي للمياه وتأثيرها على الأمن المائي باعتباره الأشد تهديداً على هذا الأمن، وذلك من خلال تحديد ماهية التلوث الصناعي للمياه **مطلب أول**، ثم التطرق لمعرفة ماهية الأمن المائي **مطلب ثاني**.

المطلب الأول: ماهية التلوث الصناعي للمياه

على الرغم من دور الصناعات الحيوية في تحقيق التنمية الاقتصادية، إلا أن غياب الضوابط البيئية في العمليات الإنتاجية يؤدي إلى تفاقم التلوث الصناعي، واستنزاف الموارد الطبيعية، ولتوضيح معالم هذه الظاهرة، سيتم تناول مفهوم التلوث الصناعي للمياه وأسبابه **فرع أول**، ثم توضيح انعكاساته على الأمن المائي **فرع ثاني**.

الفرع الأول: مفهوم التلوث الصناعي للمياه وأسبابه

يمثل الأثر البيئي للصناعات أحد أبرز المعوقات التي تواجه المنظومات القانونية المعنية بحماية الموارد المائية، حيث تتقاطع الاعتبارات البيئية مع متطلبات التنمية الصناعية في إطار توازني دقيق، مما يستدعي بدايةً التعريف بتلوث الصناعي للمياه **أولاً**، ثم التطرق إلى أسبابه **ثانياً**.

أولا: تعريف التلوث الصناعي للمياه:

يُعد التلوث الصناعي للمياه أحد أخطر أشكال التعدي على الموارد الطبيعية، وهو نوع من أنواع التلوث البيئي ولقد عرف هذا الأخير بأنه: كل تغير سلبي يطرأ على الخصائص الطبيعية أو الكيميائية أو البيولوجية لمكونات البيئة (الهواء، الماء، التربة)، نتيجة تدخل الإنسان أو العوامل الطبيعية، مما يؤدي إلى الإضرار بالكائنات الحية والتوازن البيئي، (غرابية، 2010م، ص122)، و نظراً لآثار التلوث البيئي على صحة الإنسان والبيئة، أولاه القانون الدولي اهتماماً خاصاً عبر إقرار قواعد قانونية ملزمة لحماية البيئة وضمان استدامتها.

وفي هذا السياق، يعُرّف التلوث الصناعي بأنه: إدخال ملوثات في البيئة من خلال العمليات الصناعية مما يؤدي إلى تغيير خصائص الماء أو الهواء أو التربة بطريقة تضر بالإنسان والكائنات الحية، (كنعان، 2011م، ص101)، هذا التعريف يؤكد العلاقة السببية المباشرة بين النشاط الصناعي وبين الإضرار بالموارد الطبيعية.

كما ذهب بعض الفقهاء إلى تعرفه بأنه: تعدياً على البيئة، ما يهدد حياة الإنسان وصحة الأنظمة الإيكولوجية، (الهريش،2007م، ص85، وكذلك حشيش، 2008م، ص 61. وكذلك الإنصاري، 2009م، ص 55). يبرز هنا هذا التعريف

أهمية تفعيل مبدأ (الوقاية) في التشريعات البيئية، كما يتم التأكيد على ضرورة وضع ضوابط تمنع الشركات من التأثير السلبي على البيئة بما يضمن احترام حقوق الإنسان في بيئة سليمة.

وفي ذات الإطار، يبرز مصطلح التلوث الصناعي للمياه، باعتباره أحدي أنواع التلوث الصناعي، ويُعرف القانوني الدولي البيئي، التلوث الصناعي للمياه بأنه: إدخال المواد السامة أو الكيميائية من الأنشطة الصناعية إلى المسطحات المائية، مما يؤدي إلى تدهور نوعية المياه وتهديد صحة الإنسان والحياة المائية، (زيرق، 2013م، ص 26)، يعكس هذا التعريف المسؤولية الدولية التي تقع على الدول في منع تلوث المياه الناتج عن الأنشطة الصناعية، ويعتمد على أن المياه هي مورد مشترك يجب الحفاظ عليه من الملوثات التي تؤثر على النظام البيئي والإنسان تلوث المياه الصناعي.

ويعرف ايضاً التلوث الصناعي للمياه وفقًا لمنظمة الصحة العالمية لعام 2020م، بأنه: إدخال مواد سامة أو كيميائية من الأنشطة الصناعية إلى المسطحات المائية مما يسبب تدهور جودة المياه ويعرض الصحة العامة للخطر. (منظمة الصحة العالمية 2009م الرابط: https://www.who.int، الساعة 3:23 صباحاً)، يشد هذا التعريف لتركيز على الأثر الصحي لتلوث المياه على البشر. والمنظمة هنا، تسلط الضوء على تأثير المواد الكيميائية مثل المعادن الثقيلة والمخلفات السامة التي تؤثر بشكل كبير على صحة الإنسان، بما في ذلك التسمم وأمراض الجهاز العصبي.

أما منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية لعام 2019م، لقد عرفت التلوث الصناعي للمياه بأنه: تلوث المسطحات المائية بالملوثات الصناعية مثل المخلفات السائلة والغازية الناتجة عن المصانع، مما يهدد استدامة النظم البيئية والمياه العذبة. (سنقرة، 2023م، ص 344). ها التعريف يبرز الأثر البيئي لتلوث المياه من خلال استدامة الموارد الطبيعية، هنا المنظمة تركز على ضرورة اتخاذ إجراءات وقائية لتقليل الملوثات الصناعية ومنع تأثيراتها السلبية على النظم البيئية.

استقراءً لما سبق من التعاريف السابقة، يتبين بأن مفهوم التلوث الصناعي للمياه، يدور حول فكرة جوهرية مفادها أن هذا التلوث يتمثل في إدخال المواد الكيميائية أو السامة الناتجة عن الأنشطة الصناعية إلى المسطحات المائية، مما يؤدي إلى تدهور جودة المياه، ويمسّ بصحة الإنسان ويهدد التوازن البيئي، و تكشف هذه التعاريف، رغم تباين الجهات التي صاغتها، عن منظور قانوني وأخلاقي موحد، يقوم على عدة أبعاد ومنها، البعد القانوني الدولي الذي يفرض التزام الدول بمنع الإضرار بالموارد المائية باعتبارها مورداً مشتركاً، وكذلك، البعد الصحي الذي يسلط الضوء على الآثار الخطيرة للمواد السامة على الإنسان، لا سيما التسمم والأمراض المزمنة، والبعد البيئي الذي يؤكد على الحاجة إلى حماية النظم الإيكولوجية وضمان استمرار الموارد الطبيعية للأجيال القادمة.

وبهذا، يمكن تعريف التلوث الصناعي للمياه بأنه: كل تدخل صناعي يؤدي إلى إدخال ملوثات كيميائية أو سامة إلى المياه، يترتب عليه الإضرار بجودة المياه، ويمثل تهديدًا للصحة العامة والبيئة، مما يُرتب على الدول والمؤسسات التزاماً لحماية هذا المورد الحيوي وفقًا لأحكام القانون الدولي البيئي ومبادئ التنمية المستدامة. وعليه، يعُد فهم أسباب تلوث المياه الصناعي أساساً رئيسياً لأي مقاربة قانونية تهدف للحد من هذه الظاهرة، ولحماية حق الإنسان في المياه من الآثار الضارة التي قد تهدد استدامته.

ثانياً: أسباب التلوث الصناعي للمياه:

تتزايد أضرار التلوث الصناعي للمياه نتيجة النمو الصناعي السريع، مما يؤدي إلى عدم التوازن البيئي بشكل سليم وينعكس سلباً على تأمين المياه، ومن أبرز أسباب التلوث الصناعي للمياه ما يلي:

1. **المخلفات السائلة الناتجة عن عمليات التكرير:** تقوم عمليات تكرير النفط بإنتاج كميات كبيرة من المياه الملوثة التي تحتوي على مواد كيميائية سامة مثل المعادن الثقيلة والأحماض، والتي يمكن أن تؤدي إلى تلوث المياه السطحية والجوفية، حيثُ أكد تقرير برنامج الأمم المتحدة للبيئة لعام 2016م، بأن إذا لم يتم التعامل مع هذه المياه بشكل صحيح، فإنها تساهم في تدهور نوعية المياه، مما يهدد الصحة العامة، ويؤدي إلى قتل الحياة البحرية وتهديد الأمن الغذائي للسكان الذين يعتمدون على هذه المياه (الفيل، 2013م، ص 79).

2. **ازدياد عدد الصناعات الصغيرة:** تفتقر العديد من هذه الصناعات إلى التمويل والتقنيات البيئية الحديثة، وغالباً تكون هذه الصناعات غير مرخصة أو لا تلتزم بالقوانين البيئية، مما يزيد من انتشار التلوث، وذلك توافقاً مع ما ورد في دراسة لمنظمة العمل الدولية لعام 2014م، حيثُ أكدت الدراسة بأن مصانع هذه الصناعات تمثل تحديًا في توفير بيئة صحية، نظراً ليتهرب بعضها من قوانين البيئة لتقليل التكاليف، مما يفاقم من ظاهرة التلوث. (النكلاوي، 1999م، ص 29)

3. **استخدام المواد الكيميائية السامة:** المواد الكيميائية السامة، التي تتخلص منها الصناعات بشكل غير آمن، تعُد من أسباب التلوث الصناعي للمياه، وهذا النوع من المواد شديد الثبات ولا ينحل تحت الظروف الطبيعية المعتادة، وهذا ما ينسجم مع ما ورد في تقرير الأمم المتحدة للبيئة لعام 2020م، حيث يوضح أن التخلص غير السليم من المواد الكيميائية في المناطق الصناعية من أخطر الأسباب، حيثُ يساهم في تلوث المياه، مما يهدد صحة الإنسان والحياة البرية. (علام، 2022م، ص 579)

4. **التخلص غير السليم من المنتجات الاستهلاكية:** التخلص الغير مدروس من الإلكترونيات والبلاستيك، يزيد من تلوث المياه الصناعي، وهذا ما أشار إليه تقرير الأمم المتحدة للبيئة لعام 2023م، وكذلك تقرير الاتحاد الدولي للاتصالات لعام 2017م، على أن التخلص غير الصحيح من هذه المنتجات يساهم من مشكلة التلوث الصناعي في العديد من الدول الصناعية والدول النامية. (بن حميد 2017م، ص 67، وكذلك تقرير الأمم المتحدة بشأن المواد الكيميائية، ص 10، وكذلك تقرير الاتحاد الدولي، متاح على الرابط:https://www.itu.en ، الساعة 7:00 صباحاً).

5-**استخدام تقنيات الإنتاج القديمة:** استمرار الصناعات في استخدام تقنيات قديمة لتقليل التكاليف، يساهم في توليد كميات كبيرة من النفايات السامة، هذا ما تطرق إليه تقرير برنامج الأمم المتحدة للتنمية لعام 2018م، إذ أكد على أن استخدام هذه التقنيات يمثل عائقاً إمام الحد من التلوث الصناعي، وأفاد على ضرورة تحديث التكنولوجيا الصناعية (برنامج الأمم المتحدة للبيئة متاح على الرابط: https://www.unep.org، الساعة 5:08 مساءً).

6-**النفايات المشعة:** التلوث الإشعاعي من أخطر أشكال التلوث الصناعي، وينتج عن استخدام المواد المشعة في الأنشطة الصناعية والعسكرية، مثل الطاقة النووية والأجهزة الإشعاعية، وتكمن خطورته في أن الإشعاعات لا تتحلل أو تتحلل ببطء شديد، مما يسبب أمراضاً خطيرة طويلة الأمد، وتشمل مصادره أجهزة الأشعة الصينية وشاشات التكنولوجيا الحديثة. (كساسبة، متاح على الرابط: https://mawdoo3.com الساعة 11:12 صباحاً).

وانطلاقاً مما تقدم، يتضح أن التلوث الصناعي للمياه يشكل تهديداً بالغ الخطورة للأمن البيئي بوجه عام، وللأمن المائي على وجه الخصوص، وذلك بالنظر إلى العوامل الأساسية التي جرى بيانها آنفاً، وفي ضوء تحليل هذه الأسباب الجوهرية الكامنة وراء تفشي هذه الظاهرة، تبرز أهمية دراسة آثارها، ولاسيما انعكاساتها المباشرة على الأمن المائي؛ إذ إن هذا التلوث لا يقتصر أثره على نوعية المياه فحسب، بل يمتد ليقوض الحق الأصيل للإنسان في الحصول على مياه نظيفة وآمنة، ويُعد إدراك هذه الآثار خطوة جوهرية نحو تحديد حجم المخاطر الصحية والبيئية الناشئة عن قصور الأنظمة الصناعية في الالتزام بالمعايير البيئية الملزمة.

الفرع الثاني: انعكاسات التلوث الصناعي للمياه على الأمن المائي

يُشكّل التلوث الصناعي انتهاكًا صريحًا للأمن المائي، إذ تؤدي الأنشطة الصناعية غير المنظمة إلى تدهور الموارد المائية، بما يؤثر مباشرة على جودتها وصلاحيتها للاستهلاك البشري والبيئي (فهد، 2011م، ص 212). وتكتسب هذه الظاهرة أهمية قانونية وحقوقية خاصة، نظرًا لارتباطها بحق الإنسان في الحصول على مياه نقية وآمنة بشكل مستدام، وهو الحق الذي أكدت عليه عدة صكوك دولية، وعلى رأسها قرار الجمعية العامة للأمم المتحدة رقم 64/292 لعام 2010م (المحاضر الرسمية عن الجمعية العامة، 2011م، ص 3).

وفي هذا الإطار، ينعكس التلوث الصناعي على مختلف الموارد المائية، سواء العذبة أو المالحة، ولاسيما الموارد الجوفية التي تُعد المصدر الرئيس لتزويد السكان بالمياه في العديد من الدول، إذ تشكل ركيزة أساسية لتحقيق الأمن المائي، لا سيما في المناطق التي تفتقر إلى الموارد السطحية، ومن واقع الحالة الليبية، يتبين أنّ النشاط الصناعي غير المنظم أسهم في تلويث هذه الموارد بشكل ملموس؛ ففي حوض سرت النفطي، تحتوي المياه المصاحبة لاستخراج النفط على تراكيز مرتفعة من المعادن الثقيلة، مثل الزئبق والرصاص والحديد، الأمر الذي يزيد من خطر تسرب هذه المواد إلى الخزانات الجوفية المستخدمة لتزويد المدن المحيطة بالمياه الصالحة للشرب والاستخدام المنزلي، (رحاب وآخرون، 2021م، ص 116)، كما يُلاحظ في منطقة سبها أن بعض الآبار الجوفية تجاوزت مؤشرات جودة المياه الحدود المسموح بها بالنسبة للكلوريد والحديد والمنغنيز، مما يجعلها غير صالحة للاستهلاك البشري ويشكل تهديدًا مباشرًا للأمن المائي المحلي(شحدة، 2024م، ص 373).

وعلاوة على ذلك، يظهر أثر التلوث الصناعي على المياه البحرية، والذي يُعد من أبرز التحديات البيئية، من خلال تصريف النفايات الصناعية السائلة والصلبة إلى البحار، الأمر الذي يؤدي إلى تدهور نوعية المياه والإخلال بالتوازن البيئي، ففي بنغازي وخليج طبرق، لوحظ ارتفاع تراكيز المعادن الثقيلة في المياه والرواسب، بما في ذلك الحديد والكادميوم والزنك، لا سيما قرب المصبات الصناعية ومرافق التحلية الساحلية، وهو ما ينعكس سلبًا على الأحياء البحرية ويهدد الأمن الغذائي والصحي للسكان، (مسعود وآخرون، 2021م، 7)، وفي منطقة البريقة الساحلية، أظهرت الدراسات أن الانبعاثات الصناعية تؤثر على جودة المياه البحرية القريبة من المصانع البترولية، بما قد يؤثر على كفاءة محطات التحلية إذا لم تُعالج هذه المياه بشكل متكامل (كومار، 2015م، ص 9).

وبناءً على ذلك، يشكل التلوث الصناعي خطرًا مباشرًا على الموارد غير التقليدية، مثل مياه التحلية، التي تعتبر خيارًا استراتيجيًا للدول الجافة كليبيا، فقد يؤدي دخول مياه بحرية ملوثة بالصرف الصناعي أو الصحي إلى محطات التحلية إلى صعوبات تشغيلية، مثل انسداد الأغشية وارتفاع تكاليف التشغيل، وإذا لم تُعالج المياه بالشكل المناسب، فإنها تصبح غير مطابقة للمواصفات الصحية، بما يفرض مخاطر وبائية جسيمة تشمل الأمراض المعوية والأورام الناتجة عن تراكم المعادن الثقيلة، ويترتب على ذلك تهديد مباشر للأمن الغذائي، خصوصًا إذا استُخدمت هذه المياه للشرب أو للزراعة، وهو ما يقوض استدامة هذا المورد الحيوي ويهدد جملة من الحقوق الأساسية للإنسان، بما في ذلك الحق في الصحة والغذاء، ويتجاوز ذلك ليشكل تهديدًا للحق في الحياة ذاته، وتشير هذه المؤشرات إلى خطورة التلوث الصناعي على الصحة العامة والبيئة، كما تؤكد أن غياب الرقابة البيئية وضعف الامتثال للالتزامات المقررة في الاتفاقيات الدولية – كالعهد الدولي الخاص بالحقوق الاقتصادية والاجتماعية والثقافية لعام 1966م، واتفاقية الأمم المتحدة لعام 1992م بشأن استخدام المجاري المائية – يؤدي في المحصلة إلى انتهاك الحق في المياه نتيجة العجز عن توفير الحماية الكافية للموارد المائية (زناتي، 2000م، ص 90 وما بعدها).

كما عالجت الاتفاقيات الدولية هذه المخاطر، بما في ذلك اتفاقية الأمم المتحدة لقانون البحار لعام 1982م، واتفاقية برشلونة لعام 1976م بشأن حماية البحر الأبيض المتوسط، بما يخص الأضرار الناجمة عن التلوث الصناعي البحري والإخلال بالتنوع البيولوجي وتفاقم المخاطر الصحية، ويبرز الخطر الأكبر في تراكم الملوثات الصناعية داخل السلاسل الغذائية، بما يجعل العديد من الكائنات البحرية غير صالحة للاستهلاك البشري، وينذر بانتشار أمراض وبائية محتملة، وتؤكد المادة (1/4/أ) من اتفاقية الأمم المتحدة لقانون البحار لعام 1982، والمادة (2/أ) من اتفاقية البحر الأبيض المتوسط لعام 1976، على ضرورة حماية البيئة البحرية من هذه المخاطر.

إضافة إلى ذلك، يعيق التلوث الصناعي للمياه تحقيق إهداف التنمية المستدامة، وذلك من خلال تأثيره على الهدف السادس للتنمية المستدامة المتعلق بالمياه النظيفة والصرف الصحي، مما يمنع تقدم الدول نحو تحقيق الاستدامة البيئية والاجتماعية والاقتصادية، (عبد القادر، 2016م، ص 31)، ولقد اكّد إعلان ريو لعام 1992م، بشأن البيئة والتنمية، على ضرورة التزام الدول بضمان ألا تؤدي الأنشطة الاقتصادية إلى الإضرار بالبيئة المائية، حفاظاً على حقوق الأجيال القادمة، (تقرير الأمم المتحدة المعني بالبيئة والتنمية 1992م، ص 3).

وبهذا، يمكن القول بإن الأنشطة الصناعية تُساهم في تلويث الموارد المائية عبر طرح الملوثات السامة في الوسط البيئي، مما يؤدي إلى تسربها إلى المياه وجعلها غير صالحة للاستعمال الآمن، وهو ما ينعكس مباشرة على الحق في الحياة من خلال الإضرار بحقوق أساسية أخرى كالصحة والغذاء، بما يُفضي إلى تهديد منظومة الأمن الإنساني برمتها، ويُعزى ذلك إلى أنّ حقوق الإنسان بطبيعتها مترابطة ومتكاملة ومتداخلة الاعتماد، فلا تُجزأ من حيث الحماية أو القيمة، ومن ثمّ فإن المساس بحق واحد منها يُعدّ بالضرورة إخلالاً ببقية الحقوق، بما يشكل انتهاكاً شاملاً للبنية الكلية للحقوق الإنسانية، واستناداً إلى ما يكشفه تحليل أثر التلوث الصناعي للمياه على الأمن المائي وما ينطوي عليه من مخاطر تهدد البيئة المائية والكيانات البحرية وغيرها، يصبح من اللازم الانتقال إلى توضيح مفهوم الأمن المائي ومعايير تحقيقه، لكون استيعاب هذه الضوابط يمثل الركيزة الأساسية لتقييم مدى فعالية الحماية القانونية للموارد المائية إزاء هذا التلوث.

المطلب الثاني: ماهية الأمن المائي

يعُد الأمن المائي أحد مُؤشرات الأمن الإنساني، كما يُعتبر حقاً يتأثر بشكل بالغ بالتهديدات البيئية العالمية، مما ينعكس سلباً على باقي الحقوق، ولقد أدى تعرض العدد من السكان للعطش نتيجة غياب الكفاية من المياه العذبة الصالحة للشرب، ولتوضيح مصطلح الأمن المائي بمزيد من التفصيل، يُستلزم تناول مفهوم الأمن المائي **فرع أول**، ثم استعراض معاييره **فرع ثاني**.

الفرع الأول: مفهوم الأمن المائي ومعايير

يُشكّل الأمن المائي أحد الأبعاد الجوهرية للحق في البيئة، بوصفه مفهوم يجمع بين قضايا المياه ومفاهيم الحماية الإنسانية، أي أن حق المياه لا جدوى منه في حال عدم تأمينه وحمايته من المخاطر والتحديات. (الشافي، 2016م، ص 107).

ولقد شهد مفهوم الأمن تطوراً مع تحول الاهتمام من أمن الدولة إلى أمن الفرد، وفقاً لتقرير التنمية البشرية الذي دعا إلى تبني منظور أوسع للأمن يُركز على حماية حقوق الإنسان الأساسية من تهديدات غير عسكرية، وأبرزها التهديدات البيئية التي تمس الحق في المياه، الذي يتصل اتصالاً مباشراً بحق الإنسان في الحياة الكريمة، إذ لا تتحقق التنمية ولا الرفاه دون ضمان الحصول على المياه الكافية والنظيفة. (حسام،2017م، ص 41)

وفي هذا السياق، يقتضي تناول مفهوم الأمن المائي الوقوف على دلالة مصطلح "الأمن" باعتباره مفهوماً عاماً، ثم بيان مضمون "الحق في المياه"، ذلك أن الإحاطة بهذين المفهومين تمثل مدخلاً أساسياً لفهم الأمن المائي بوصفه مفهوماً مركباً يجسد التلازم بين متطلبات تحقيق الأمن وضمان التمتع بحق الإنسان في المياه.

وعليه، يُعرَّف الأمن بوجه عام بأنه: حالة من الطمأنينة والحماية من التهديدات السياسية والاجتماعية والاقتصادية والبيئية، بما يُكفل استقرار الأفراد والمجتمعات وصون حقوق الإنسان. (قسوم، 2018م، ص 59). ومن خلال هذا التعريف يظهر بأن الأمن متعدد المستويات، إذ يشمل أمن الفرد، وأمن الدولة، والأمن الإقليمي، والأمن الدولي. وكما يتسم بتعدد الأبعاد، فلا يقتصر على البعُد العسكري فحسب، بل يمتد إلى الأبعاد السياسية، والاقتصادية، والاجتماعية، والبيئية، الأمر الذي يعكس الطبيعة الشمولية لهذا المفهوم في السياقات القانونية والتنموية المعاصرة.

أما الحق في المياه، فلقد عرّفته اللجنة المعنية بالحقوق الاقتصادية والاجتماعية في تعليقها العام رقم (15)، لعام 2002م بأنه: حق الأفراد في الحصول على مياه كافية، نظيفة وآمنة للاستخدام الشخصي والمنزلي، على نحو يضمن المساواة في الوصول إليها وبتكلفة معقولة، (تعليق اللجنة المعنية بالحقوق الاقتصادية والاجتماعية والثقافية 2002م)، يؤكد هذا التعريف على أن المياه يجب أن تكون آمنة وكافية، مع المساواة في الوصول إليها، وضمان لا تكون تكلفتها عبئًا على الأفراد.

كما عرف مجلس حقوق الإنسان في قراره رقم 9/15 لعام 2010م، الحق في المياه، بأنه: هو الحق في الحصول على مياه مأمونة وينبثق من الحق في مستوى معيشي ملائم، (مشار إليه لدي تامر 2018م، ص 147)، وعليه، يترتب على هذا الاعتراف التزام قانوني يقع على عاتق الدول، يمثل في ضمان إعمال هذا الحق وفقاً للمعايير الدولية ذات الصلة، وبالتالي لم يعُد الاعتراف بحق المياه دولياً محل ناقش كما كان سابقاً، بل اضحى الأمر حالياً منصباً على الكيفية توفير الحماية الكافية لحق المياه عبر تحقيق الأمن المائي من كافة المخاطر والتحديات التي تنتقص من قيمته في الانتفاع الفعلي منه.

وعليه بات مصطلح الأمن المائي محل الاهتمام في المجتمع الدولي للحفاظ على حق الأفراد في المياه من كافة الانتهاكات، ولقد تعددت تعاريف الأمن المائي وفقاً لتعدد الزوايا التي يُنظر منها إليه، فلقد، عرفت منظمة الصحة العالمية الأمن المائي بأنه: حق الأفراد في الحصول على مياه كافية وصحية للاستخدام اليومي بما يضمن حياه صحية ومنتجة، (منشورات الأمم المتحدة 2019م، ص 48)، يشدد هذا التعريف على قوة الترابط بين الأمن المائي وحقوق الإنسان، حيثُ يصبح جزءًا لا يتجزأ من تحقيق رفاه الإنسان.

في حين عرفت وثيقة المجلس العاملي للمياه الأمن المائي بأنه: حماية الموارد المائية لجميع الأجيال من كافة التهديدات، من خلال إدارة مائية مستدامة، بما يحقق التنمية ورفاهية الإنسان. (تقرير الأمم المتحدة المعني بتنمية الموارد المائية 2012م، ص 18)، فهذا التعريف يركز على تبني الإدارة الفعالة المستدامة للمياه في مواجهة كافة التهديدات، بشكل يلبي الاحتياجات المختلفة كما ونوعا مع ضمان استمرار هذه الكفاية.

صفوة القول، ومن خلال استعراض التعريفات السابقة، يمكن تحديد مفهوم الأمن المائي بأنه: ضمان توافر كميات كافية وآمنة من المياه بصورة عادلة ومستدامة، على نحو يكفل صون حقوق الإنسان.

وعليه، يتجلى الأمن المائي في إطار الأمن الإنساني بما يبرز علاقة التلازم بين الأمن والمياه وبين التمتع بحقوق الإنسان الأساسية، الأمر الذي يقتضي وضع معايير دولية واضحة وصريحة وفرض التزام الدول بها؛ تحقيقاً لأمن مائي مستدام.

الفرع الثاني: معايير الأمن المائي

تُمثل معايير الأمن المائي المرتكزات الأساسية لضمان التمتع بحق المياه بطريقة مستدامة وعادلة، وتتمثل أبرزها فيما يلي:

أولاً: التوافر الكافي للمياه، بحيث يلزم تأمين كميات مستدامة من المياه لتلبية الاحتياجات الأساسية للأفراد والمجتمعات في مجالات الشرب والصحة العامة والتنمية.

ثانياً: الجودة والسلامة، إذ يجب أن تكون المياه المتاحة خالية من الملوثات وتفي بالمعايير الصحية الدولية من حيث الجودة. بما يضمن حماية صحة الأفراد والمجتمعات من الأمراض المنقولة عن طريق المياه الملوثة.

ثالثاً: الوصول العادل إلى المياه، بما يقتضي إتاحة المياه للجميع دون تمييز أو إقصاء، مع ضمان قرب مصادر المياه من أماكن السكن أو سهولة الوصول إليها.

رابعاً: استدامة الموارد المائية، بحيث تعتمد إدارة الموارد المائية على سياسات تحافظ على ديمومة توافرها للأجيال القادمة، وتتصدى لتدهورها أو استنزافها.

خامساً: القدرة على تحمل تكلفة المياه: بما يوجب أن تكون تكلفة الحصول على المياه ميسورة ومتناسبة مع الأوضاع الاقتصادية والاجتماعية المختلفة (تقرير التنمية الإنسانية، 2016م، ص 81. وكذلك دلائل جودة مياه الشرب، 1989م، ص 20. وكذلك بن نايل، 2019م، ص 302).

استنادً لما سبق عرضه، يتبين بأن تحقيق الأمن المائي لا يتوقف على بعد واحد، بل يقوم على منظومة متكاملة من المعايير المرتبطة بالحق في الحياة الكريمة والحق في التنمية المستدامة، مما يحتم على الدول الوفاء بالتزاماتها الدولية المتعلقة بحق المياه عبر تقيدها بهذه المعايير الدولية واتساقها مع التشريعات الوطنية ذات الصلة.

المبحث الثاني: أحكام الحماية القانونية لمكافحة التلوث الصناعي للمياه

تنبه المجتمع العلمي والقانوني في العقود الأخيرة إلى الآثار الجسيمة للتلوث البيئي، وبوجه خاص التلوث الصناعي للمياه، لما يمثله من تهديد مباشر لصحة الإنسان وسلامة الكائنات الحية، فضلاً عن تأثيره السلبي على مقومات التنمية المستدامة،(سروي، 2008م، ص 125)، وقد دفعت هذه التحديات إلى بلورة جهود تشريعية متزايدة، وطنية ودولية، تهدف إلى وضع قواعد قانونية فعالة لصيانة البيئة وضمان الاستخدام العقلاني للموارد المائية، وإدراكاً لارتباط البيئة السليمة بحقوق الإنسان، أضحت الحماية القانونية المياه من التلوث الصناعي ضرورة ملحة، لا تخلو من أعباء اقتصادية وتحديات على مستوى السياسات والتجارة الدولية. (الخولي، 2002م، ص 48،49).

لذا، يستوجب الأمر التوقف عند القواعد القانونية لمكافحة التلوث الصناعي للمياه **مطلب الأول**، ثم الانتقال إلى دراسة التحديات التي تعيق حماية المياه من التلوث الصناعي، وسبل تعزيز هذه حماية للمياه **مطلب الثاني**، وذلك في إطار منهجي يوازن بين مقتضيات التنمية وضرورات حماية البيئة.

المطلب الأول: القواعد القانونية للحماية من التلوث الصناعي للمياه

أدركت الجماعة الدولية أن التلوث البيئي، وخاصةً تلوث المياه الصناعي، لا يعرف حدودًا جغرافية، مما استوجب تنسيق الجهود لمواجهته ضمن إطار قانوني شامل، ورغم سَنِّ العديد من الدول لتشريعات داخلية لحماية البيئة المائية، فإن فعالية هذه التشريعات تظل رهينة بوجود دعم وتكامل مع قواعد قانونية دولية تنظم سلوك الدول والجهات الفاعلة في المجال الصناعي، (وناسي 2007م، ص 21). لقد ساهمت الاتفاقيات الدولية في تطوير منظومة قانونية تهدف إلى الحد من الانعكاسات السلبية للأنشطة الصناعية، لا سيما ما يتعلق بتلوث المياه، الذي يمس أحد أهم الموارد الحيوية المرتبطة مباشرة بحقوق الإنسان الأساسية. (حسين، 1995م، ص12ومابعدها)، وفي ظل تنامي المخاوف البيئية، برز

مفهوم (الأمن البيئي) كأحد مكونات الأمن الإنساني، مؤكداً ضرورة تبني أدوات قانونية فعالة لضمان حماية الموارد المائية من ظاهرة التلوث الصناعي، (نوال، 2021م، ص 548).

وعليه، يرتبط مفهوم الأمن البيئي بتصاعد التهديدات البيئية على كافة المستويات مما دفع إلى إدراجه ضمن أولويات السياسات العامة والاستراتيجيات الأمنية، ويُعنى هذا المفهوم بحماية البيئة باعتبارها إطار الحياة الإنسانية وضمان استدامة مواردها الطبيعية، وتبرز أهمية الأمن البيئي في علاقته الوثيقة بالتنمية المستدامة، إذ يسعى إلى خلق توازن بين استغلال الموارد والحفاظ عليها لصالح الأجيال الحالية والمقبلة، كما أن الاستنزاف والتلوث يشكلان عاملين مهددين للبيئة وصحة الإنسان، ويتطلبان وعياً بيئياً وسلوكاً رشيداً في استخدام الموارد، لا سيما المياه والطاقة، ويؤدي الإضرار بالموارد البيئية إلى تهديد مباشر للأمن الإنساني، بما في ذلك تفشي الأمراض والنزاعات؛ وعليه، يُعد الأمن البيئي جزءاً لا يتجزأ من الأمن القومي، لما له من أثر على استقرار الدول وسيادتها، كما أنه يساهم في الحد من النزاعات البيئية العابرة للحدود، ومن هنا، تبرز ضرورة دمج الاعتبارات البيئية في التشريعات الوطنية والسياسات الدولية وفق مبادئ العدالة والإنصاف بين الأجيال، ويعد مؤتمر ستوكهولم (1972) – المؤتمر الأممي الأول حول البيئة الإنسانية، أول مؤتمر دولي يُعقد برعاية الأمم المتحدة لمناقشة العلاقة بين الإنسان والبيئة، حيثُ ناقش هذا المؤتمر آثار التدهور البيئي على التنمية وحقوق الإنسان، وأرسى الأساس لمفهوم (البيئة الآمنة) كجزء من الأمن الإنساني، وأوصى بإنشاء برنامج الأمم المتحدة للبيئة، (حاشي، 2021م، ص422،423)

وبناءً على ذلك، يستلزم الأمر الوقوف على القواعد القانونية الدولية لمكافحة التلوث الصناعي للمياه **فرع أول**، ثم تحليل القواعد القانونية الوطنية لمكافحة التلوث الصناعي للمياه **فرع ثاني**، بهدف إبراز مدى تكاملها في الحد من هذه الظاهرة وضمان استدامة الموارد.

الفرع الأول: القواعد القانونية الدولية للحماية من التلوث الصناعي للمياه

في ضوء التحديات المائية المتزايدة الناتجة عن التلوث الصناعي للمياه، بات من الضروري استحضار المبادئ القانونية الدولية التي تُشكّل الإطار المرجعي لتنظيم هذا المجال، وتكمن أهمية هذه المبادئ لا فقط في صيغها التوجيهية، بل في انبثاقها من اتفاقيات دولية تُمثل التزامات قانونية ذات طابع ملزم. (هياجنة، 2014م، ص 51)، وهذه المبادئ كما يلي:

أولًا: مبدأ الوقاية والاحتراز:

يشكل هذا المبدأ حجر الأساس في التصدي المبكر للأنشطة الصناعية التي قد تُلحق أضرارًا بالمياه، حيث ينص على ضرورة اتخاذ تدابير وقائية حتى في ظل غياب يقين علمي كامل بشأن خطورة النشاط الصناعي، وقد تم تكريسه في إعلان ريو 1992م (المبدأ 15)، وتطبيقه في اتفاقية إسبو لعام 1991م بشأن تقييم الأثر البيئي في سياق عابر للحدود. (تقرير الأمم المتحدة المعني بالبيئة والتنمية، 1992م، ص5). وكذلك (لجنة الأمم المتحدة الاقتصادية لأوروبا، 2021م، ص 28). غير أن التطبيق العملي لهذا المبدأ غالبًا ما يصطدم بعوائق تقنية واقتصادية، لاسيما في الدول النامية التي تفتقر إلى القدرات التحليلية والتكنولوجية لإجراء تقييمات بيئية متقدمة. لذلك، بالرغم من مكانة المبدأ في بنية القانون الدولي البيئي، إلا أن فاعليته تبقى رهينة بتوفر الإرادة السياسية والتعاون الدولي في مجال بناء القدرات، مما يفتح المجال لانتقادات تتعلق بعدم عدالة توزيع الأعباء الوقائية بين الشمال الصناعي والجنوب النامي.

ثانيًا: مبدأ الملوث يدفع:

ينص هذا المبدأ على تحميل الجهة المتسببة في التلوث الصناعي – سواء كانت دولة أو مؤسسة – تكاليف المعالجة والتعويض عن الأضرار البيئية، وهو ما ورد بوضوح في المبدأ 16 من إعلان ريو، وتم تفعيله في بروتوكول المسؤولية والتعويض باتفاقية بازل 1989م. (تقرير الأمم المتحدة المعني بالبيئة والتنمية، 1992م ص 5). وكذلك (المادة (4) الفقرة (10) اتفاقية بازال، 1989م). إلا أن التطبيق الميداني يكشف عن ثغرات ملحوظة، إذ أن الشركات الصناعية الكبرى غالبًا ما تستغل ضعف الأنظمة البيئية في بعض الدول للتملص من المسؤولية عبر التصدير البيئي للنفايات أو اللجوء إلى مناطق (المسؤولية المنخفضة). وهذا ما يجعل من المبدأ، رغم عدالته النظرية، أداة غير كافية ما لم تقترن بأنظمة محلية صارمة وآليات قضائية بيئية فاعلة، مما يثير جدلًا حول فعاليته كوسيلة ردع في الواقع الصناعي العالمي.

ثالثًا: مبدأ السيادة المقيدة (أو السيادة مع المسؤولية):

يؤكد هذا المبدأ على حق الدولة في استغلال مواردها الصناعية، بشرط عدم الإضرار بدول أخرى، كما ورد في إعلان ستوكهولم 1972م (المبدأ 21) وإعلان ريو 1992م (المبدأ 2)، وتمت ترجمته قانونيًا في اتفاقية الأمم المتحدة لاستخدام المجاري المائية الدولية لعام 1997م. (مؤتمر الأمم المتحدة المعني بالبيئة البشرية، 1972م). وكذلك (تقرير الأمم المتحدة المعني بالبيئة والتنمية ريو ،1992م، مرجع سابق ص 3). غير أن مشكلة هذا المبدأ تتجلى في تباين تفسيره؛ فمن جهة، يُستعمل لتبرير السياسات الصناعية القائمة على الموارد الوطنية، ومن جهة أخرى يُطرح كقيد قانوني لضبط تلك السياسات. هذا التناقض يحدّ من فاعليته ويُضعف من دوره كأداة إلزام دولي، لا سيما في ظل غياب آليات رقابية دولية ناجعة، مما يؤدي إلى توظيفه أحيانًا كغطاء سيادي لممارسات بيئية ضارة تتجاوز الحدود دون مساءلة فعلية.

رابعًا: مبدأ التعاون الدولي:

يدعو هذا المبدأ إلى تعزيز التنسيق بين الدول في مواجهة المخاطر البيئية المشتركة، وخاصة تلك التي تنشأ عن التلوث الصناعي للمياه العابرة للحدود. وقد تكرّس في عدة صكوك، أبرزها اتفاقية حماية واستخدام المجاري المائية العابرة للحدود لعام 1992م، بشأن المياه العابرة للحدود، واتفاقية إسبو لعام 1991م، بشأن تقييم الأثر البيئي في سياق عابر الحدود. (المادة (9) من اتفاقية حماية واستخدام المجاري المائية العابرة للحدود ،1992م). وكذلك (المادة (5) من اتفاقية الأثر البيئي في سياق عابر للحدود، 1991م). رغم اتساع نطاق الاتفاقيات المعنية بالتعاون، إلا أن فعالية هذا المبدأ تبقى محكومة بإرادة الدول؛ فغياب الثقة المتبادل، واحتكار بعض الدول للمعلومات البيئية، يؤدي إلى تقويض مبدأ الشفافية ويُفرغه من مضمونه. لذلك، فإن المبدأ – رغم قوته النظرية – يواجه تحديات تتعلق بطبيعة العلاقات الدولية غير المتكافئة، مما يجعله أداة محتملة أكثر من كونه آلية واقعية للحد من التلوث الصناعي.

خامسًا: مبدأ التنمية المستدامة:

يُعد هذا المبدأ جامعًا للمبادئ السابقة، ويهدف إلى تحقيق توازن بين التنمية الصناعية والحفاظ على الموارد البيئية، وقد تأكد في إعلان ريو (المبدأ 3) وتكرس في أهداف التنمية المستدامة لعام 2030م، خاصة الهدف السادس المعني بالمياه النظيفة. (تقرير الأمم المتحدة المعني بالبيئة والتنمية، 1992م، مرجع سابق ص 3). على رغم أن المبدأ يشكل قاعدة توجيهية حيوية، إلا أن عموميته واتساع دلالته يضعفان من قوته الإلزامية، ويجعلان منه هدفًا يصعب قياسه أو محاسبة الدول والمؤسسات على أساسه، فغالبًا ما يتم استغلاله كشعار سياسي للتغطية على أنشطة صناعية مضرة، دون وجود مؤشرات رقابية محددة تُقيد الانحراف عنه، مما يطرح تساؤلات جدية حول مدى تحوّله من مبدأ إلى أداة إنفاذ قانوني حقيقي.

سادساً: مبدأ الإدارة السليمة للمواد الكيميائية والنفايات السامة:

يأتي مبدأ الإدارة السليمة للمواد الكيميائية والنفايات السامة استجابة لتزايد المخاطر البيئي والصحية الناجمة عن الاستخدام الصناعي الواسع للمواد الكيميائية ذات الأثر التراكمي والطويل الأمد، خصوصًا فيما يتعلق بتلوث الموارد المائية، ويقوم هذا المبدأ على ضرورة تنظيم دورة حياة هذه المواد بدءًا من الإنتاج والتوزيع، مرورًا بالاستخدام، وانتهاءً بالتخلص الآمن منها، بما يضمن الحد من آثارها الضارة على الإنسان والبيئة. (الخريشا، 2018م، ص 70).

ولقد انعكس هذا التوجه في عدة اتفاقيات دولية مهمة، أبرزها اتفاقية بازل لعام 1989م، التي أرست أساسًا قانونيًا صارمًا لضبط حركة نقل النفايات الخطرة والتخلص منها عبر الحدود، ومنعت تصديرها إلى دول غير قادرة على إدارتها بيئيًا. ويُكملها في هذا السياق اتفاق روتردام لعام 1998م، الذي أقر آلية (الموافقة المسبقة عن علم) كشرط لتبادل المواد الكيميائية شديدة الخطورة بين الدول، ما يعزز الشفافية ويحمي الدول المستقبلة من التورط غير الواعي في تداول هذه المواد، كما جاءت اتفاقية ستوكهولم لعام 2001م لترسخ المنع التدريجي للملوثات العضوية الثابتة، التي تتراكم في البيئة وتصل إلى المياه عبر الهواء أو النفايات الصناعية، محدثة أضرارًا بعيدة المدى. وينضم إلى هذه الإطار العام معاهدة عدم انتشار الأسلحة النووية لعام 1968م، من زاوية منع التلوث النووي الذي يصنف ضمن أخطر صور التلوث الصناعي الكيميائي المعاصر. (المادة (4) الفقرة (8) من اتفاقية بازل ،1989م، مرجع سابق.) وكذلك (المادة (10) من اتفاقية روتردام ،1998م) وكذلك (المادة (3) من اتفاقية استوكهوم لعام 2001م). وكذلك (المادة (3) من معاهدة عدم انتشار الأسلحة النووية، 1968م). وبرغم هذا المبدأ لا ينفصل عن منظومة الوقاية والعدالة البيئية، بل يشكل امتدادًا لها من خلال ما يقدمه من تنظيم متكامل لمخاطر غير مرئية في غالب الأحيان، إلا أن الالتزام به يظل متفاوتًا، لا سيما في الدول النامية التي تعاني من ضعف القدرات الفنية والرقابية، ما يجعلها عرضة لاستقبال النفايات تحت ذرائع استثمارية، كما أن عددًا من الاتفاقيات، رغم إلزاميتها، تفتقر إلى آليات تنفيذية صارمة، مما يتيح هامشًا واسعًا للتهرب من المسؤولية.

انطلاقًا مما سبق بيانه، يُلاحظ أن المبادئ القانونية الدولية المتعلقة بمكافحة التلوث الصناعي للمياه، ورغم اتساقها النظري وشمولها، لا تزال تواجه تحديات على مستوى التطبيق، إذ إن فعاليتها ترتبط بدرجة كبيرة بمدى التزام الدول بها، وقدرتها المؤسسية على إنفاذها، ومدى توفر آليات التعاون والدعم، والسؤال الذي يطرح نفسه أين تقف ليبيا من هذه المبادئ؟ وهل تُعد من بين الدول التي تُجسّد هذه الالتزامات ضمن تشريعاتها الوطنية، أم أن هناك فجوة بين الإطار الدولي والمتن القانوني المحلي؟ وللإجابة على هذا التساؤل، من الضروري الوقوف على مضمون القواعد القانونية الوطنية المعتمدة في ليبيا لمكافحة التلوث الصناعي للمياه، ومقارنتها بالتجارب القانونية المقارنة.

الفرع الثاني: القواعد القانونية الوطنية للحماية من التلوث الصناعي للمياه

تُعدّ الدول العربية من أكثر الدول حاجة إلى منح حماية لعناصر البيئة، وخاصة الموارد المائية؛ نظراً لأهميتها القصوى، وبالإضافة إلى محدودية الإمكانيات المائية والبشرية المتاحة لها، لذا، يُحتّم هذا الواقع ضرورة الحفاظ على هذه الموارد وتوظيفها ضمن مسار تنموي مستدام، وتزداد أهمية هذا الأمر في ظل ما يمثله تلوث المياه الصناعي من تهديد مباشر لبرامج التنمية في هذه الدول، نتيجةً لما يخلّفه من آثار متراكمة تمسّ الصحة العامة، وتؤثر سلبًا على البيئة والاقتصاد. (لهيصاك، وجوهري، 2014م، ص 84).

وانطلاقًا من خطورة التلوث الصناعي للمياه وما يترتب عليه من تهديد مباشر للأمن المائي، تبرز ضرورة إخضاع القواعد القانونية الوطنية ذات الصلة للدراسة، وذلك عبر إجراء مقارنة بين السياقين الليبي والمغربي؛ وتهدف هذه المقارنة إلى

الوقوف على مدى فعالية التشريعات الوطنية في كلا البلدين في التصدي لهذه الظاهرة البيئية، مع قياس درجة انسجامها مع القواعد القانونية الدولية ذات الصلة، كما تسعى إلى إبراز أوجه التشابه والاختلاف بين النظامين القانونيين، وتحديد أيّ منهما يُظهر التزامًا أوفر وتوافقًا أوثق مع الصكوك الدولية الحاكمة في هذا المجال؛ وبالنظر إلى الطبيعة المركبة للتلوث الصناعي للمياه، فإنه لا يندرج ضمن إطار تشريعي واحد، بل يتقاطع مع منظومة واسعة من القوانين المتفرقة، تشمل تشريعات البيئة والمياه والصحة العامة والتنظيم الصناعي والإشعاعات وغيرها، الأمر الذي يفرض مقاربة تكاملية وشمولية لهذه النصوص، بما يضمن تقييمًا واقعيًا وموضوعيًا لفعاليتها في مواجهة التحديات البيئية الراهنة.

وعليه، لقد نص **المشرع الليبي**، عبر القانون رقم (15) لسنة 2003م، بشأن حماية وتحسين البيئة، في مادته (39)، على حق كل فرد في الحصول على مياه صالحة للشرب وفقًا للمواصفات الصحية، غير أن هذا النص بقي عامًا ولم يُترجم إلى ضمانات تفصيلية تحمي الموارد المائية من التلوث الصناعي، ما يشكل نقصًا واضحًا في التشريع. كما أن الفقرة (6) من المادة (4) أشارت إلى مسألة تلوث المياه بشكل غير مباشر، دون أن تُحدّد الأنشطة الصناعية الملوثة أو تضع آليات واضحة للرقابة والمعالجة، أما المادة (41)، فقد تطرّقت إلى بعض التدابير الوقائية مثل تقنيات ترشيد استهلاك المياه، لكنها جاءت خالية من الجزاءات، الأمر الذي جعلها أقرب إلى الإرشاد الفني منها إلى نصوص ملزمة، مما أضعف من فاعليتها في مكافحة تلوث المياه الصناعي، كذلك، فإن المواد (65-69) من ذات القانون اشتملت على عقوبات صارمة فيما يتعلق بتلويث البحر، لكنها أغفلت الإشارة إلى المياه الجوفية والمياه المستخدمة صناعيًا. (ق الليبي ر 15 لسنة 2003م).

أما **المشرّع المغربي**، فقد أقرّ القانون رقم (11.03) لسنة 2003م، بشأن حماية واستصلاح البيئة، والذي نصّت مادته (29) على حظر إدخال المواد الخطرة إلى المياه القارية إلا بعد الحصول على ترخيص مسبق، كما منح الإدارة صلاحية إنشاء مناطق محمية يُمنع فيها القيام بالأنشطة الملوثة. كذلك، أوجبت المادة (49) إخضاع المشاريع التي تهدد البيئة إلى تقييم بيئي مسبق كشرط لمنح الترخيص. ورغم أن هذا القانون يُشكّل إطارًا قانونيًا جيدًا لحماية الموارد المائية، إلا أن فاعليته تظل مرتبطة بتفعيل النصوص التنظيمية المكمّلة، وضمان مراقبة مدى الالتزام بإجراء التقييم البيئي. (ق المغربي ر (11.03) لسنة 2003م). ومن خلال المقارنة، يتضح أن **المشرّع الليبي** اكتفى بصياغات عامة لحماية المياه دون وضع آليات تفصيلية لمعالجة تلوث المياه الصناعي، مما أضعف الجانب التطبيقي للقانون، بينما سعى **المشرّع المغربي** إلى توفير حماية أقوى من خلال ضبط استخدام المواد الملوثة وربط المشاريع بمبدأ تقييم الأثر البيئي.

أما فيما يخُص قانون المياه، فقد وضع **المشرع الليبي** فقد وضع قانو للمياه عام 1965م، ويعد أساسًا تنظيميًا للموارد المائية، لكنه يعاني من قِدمه وعدم مواكبته للتحديات البيئية الحالية، إذ لا يتناول التلوث الصناعي بشكل مباشر، ويغيب عنه وجود آليات رقابية أو للمساءلة. كما أنه لم يُحدَّث ليتماشى مع التطورات البيئية والقانونية المعاصرة. (ق المياه الليبي لعام 1965م) ولقد قيام **المشرع الليبي** بوضع قانون أخر للمياه ر (3) لسنة 1982م، والذي ينظم استغلال المياه، إلا أنه يظل غير كافٍ لمعالجة قضايا التلوث وحماية البيئة، على سبيل المثال، المادة (3) تُقسّم البلاد إلى مناطق مائية وتحدد المصادر المائية، بينما المادة (6) تمنع تصريف الفضلات في المياه، لكن لا توجد آليات فعّالة لمكافحة التلوث أو ضمان الحماية البيئية، كما أن المادة (11) تحمي حقوق الأفراد من التسبب في ضرر للمصادر المائية دون توفير آلية للتعويض أو الإصلاح، (ق الليبي ر3 لسنة 1982م). على النقيض، يتسم قانون المياه المغربي رقم 36.15 لسنة 2016م، بتطور واضح في مجال الحماية البيئية، إذ يربط الحق في الماء بالحق في بيئة سليمة، حيثُ تنص المادة (106) على منع تصريف النفايات السائلة دون ترخيص، فيما تحدد المادة (107) شروطًا مراقبية لضمان الحماية البيئية. بالمقارنة، يُظهر

القانون المغربي تطورًا في تطبيق آليات رقابية وحماية البيئة، بينما يفتقر القانون الليبي لهذه الآليات، مع تركيزه على تنظيم استغلال المياه دون ربطها مباشرة بالحق في بيئة سليمة. (ق المغربي ر (113-1.16) لسنة 2016م.)

أما فيما يتعلق بقانون الثروة البحرية الليبي رقم (14) لسنة 1989م، فهو يُظهر توجهًا أكثر تخصّصًا في مواجهة التلوث الصناعي للبيئة البحرية، حيث تحظر المادة (15) تصريف الملوثات من السفن أو المنشآت الساحلية، وتنصّ على عقوبات صارمة تشمل السجن لمدة لا تقل عن سنتين وغرامات مالية تتراوح بين 5000 و10000 دينار، مما يعكس جدّية **المشرّع الليبي** في حماية البيئة البحرية، (ق الليبي ر (14) لسنة 1989م.) وفي المقابل، فإن **القانون المغربي** للصيد البحري رقم (1.73.255) الصادر سنة 1973م، تطرّق إلى الحماية البيئية بشكل عرضي، ولم يتضمّن نصوصًا مفصلة بشأن التلوث الصناعي أو الآثار الناتجة عن النفايات على المياه البحرية، ورغم سَبق هذا القانون زمنيًا، إلا أنه يفتقر إلى الصرامة والدقة التي اتسم بها **النص الليبي**، ما يُبرز تفوقًا نسبيًا **للمشرّع الليبي** في الجانب الزجري، مقابل حاجة النص المغربي إلى تحديث وتوسيع نطاقه في هذا الجانب. (ق المغربي ر (1.73.255) لسنة 1973م.)

وفي إطار النصوص القانونية التي تنظم تأثير الأنشطة الصناعية على البيئة في كل من النظامين المغربي والليبي، نجد أن **المشرع الليبي** قد تناول هذه المسألة من خلال القانون رقم (22) لسنة 1989م، بشأن تنظيم الصناعة، حيث اقتصر على تضمين عدد من المواد من (29) إلى (34)، والتي ركزت بوجه خاص على شروط السلامة المهنية والصناعية، دون أن ترتقي إلى مستوى إطار قانوني بيئي وقائي شامل ومفصل. فقد نصت المادة (29) على التزام كل مشروع صناعي يستخدم آلات أو مواد ضارة بوضع دليل تقني معتمد يوضح المخاطر وطرق الوقاية منها، بينما أوجبت المادة (30) إجراء الصيانة الدورية ومنعت الإضرار بالأدوات والمنشآت، ومنحت المادة (31) مأموري الضبط القضائي صلاحيات التفتيش والرقابة، فيما ألزمت المادة (32) المنشآت الصناعية بإعداد تقارير دورية حول إجراءات السلامة، أما المادة (33)، فقد أشارت بشكل عام إلى ضرورة حماية البيئة من التلوث بالتنسيق مع الجهات المختصة، دون أن تقدم تحديدًا دقيقًا أو تفصيلًا لأنواع التلوث، خصوصًا التلوث المائي، وهو ما يُعد نقصًا واضحًا في ظل التحديات البيئية الراهنة، وأكدت المادة (34) على ضرورة الالتزام بالمواصفات القياسية وجودة الإنتاج، ومنحت الجهات المختصة صلاحية أخذ العينات وتحليلها، غير أنها، كسابقاتها، لم تربط بين جودة الإنتاج والمتطلبات البيئية ويُضاف إلى ذلك أن العقوبات المنصوص عليها في المادة (35)، والتي تشمل الإيقاف المؤقت، أو فرض غرامات مالية بسيطة، أو سحب الترخيص، لا ترقى إلى مستوى الردع الحقيقي، خاصةً وأنها لا تراعي جسامة الأضرار الناجمة عن المخالفات البيئية كتصريف النفايات الصناعية أو تلوث المياه. (ق الليبي ر (22) لسنة 1989م).

وفي المقابل، اهتم **المشرع المغربي** بشكل واضح بتأثير الأنشطة الصناعية والاقتصادية على البيئة، حيث جاء القانون رقم 12-03 لسنة 2003م، المتعلق بدراسات التأثير على البيئة، ليُقرّ أن جميع المشاريع الاقتصادية والتنموية التي يُحتمل أن تكون لها تأثيرات سلبية على البيئة، سواء من قبل أشخاص طبيعيين أو معنويين، عموميين أو خواص، تُخضع لدراسات التأثير على البيئة، كما نصّت عليه الفقرة 2 من المادة الأولى، وهو ما يُعد التزامًا وقائيًا أساسيًا يسبق منح الترخيص لأي نشاط صناعي. وقد حددت المادة (6) (الفقرتان 2-3) أهداف هذه الدراسات بتقييم الآثار المباشرة وغير المباشرة، المؤقتة والدائمة للمشروع على البيئة، إلى جانب حماية الآثار الثقافية والتاريخية، كما تسعى الفقرة (7) من المادة نفسها– إلى تجنّب الأثر السلبي، والحد منه، وتعويضه، بل وتعزيز الأثر الإيجابي للمشروع على البيئة، وتبعًا لذلك، فإن المادة (7) تشترط الحصول على قرار بالموافقة البيئية كشرط أساسي لمنح الترخيص لأي مشروع خاضع لهذه الدراسات، كما منحت

المادة (14) صلاحية معاينة المخالفات لضباط الشرطة القضائية والأعوان المحلفين، في حين أسندت المادة (16) للإدارة سلطة إيقاف النشاط المخالف إذا شكّل خطرًا على البيئة. (ق المغربي ر (03-12)، لسنة 2003م).

وبالتالي، يتضح أن **القانون المغربي** لقد تبنّى مقاربة وقائية صارمة ومتكاملة، تربط الترخيص بالموافقة البيئية المسبقة، وتضع آليات رقابة دقيقة تراعي التفاعلات البيئية المعقدة، أما **القانون الليبي**، ورغم تطرقه لبعض الجوانب المتعلقة بالوقاية والسلامة في المجال الصناعي، إلا أنه يفتقر إلى نصوص قانونية واضحة ومباشرة تتناول مسألة التلوث الصناعي للمياه، وتُحدّد الإجراءات الوقائية والعقوبات الرادعة المناسبة.

أما بالنسبة لتنظيم الأنشطة الإشعاعية والنووية، فقد أصدر **المشرّع الليبي** القانون رقم (17) لسنة 2023م، بشأن تنظيم هذه الأنشطة والرقابة عليها، حيث تناول في مادته (1) تعريفًا شاملاً للأنشطة الإشعاعية، بما يشمل جميع العمليات المرتبطة بالمواد المشعة، مثل الاستيراد والتصدير وتداول المواد النووية والإشعاعية ويعكس هذا التوجه حرص المشرّع على تشديد الرقابة على مختلف أوجه النشاط المتعلق بالإشعاع، ورغم هذا التنظيم، فقد أبدى المشرّع الليبي حزمًا أكبر فيما يتعلق بمنع إدخال النفايات المشعة أو النووية إلى الأراضي الليبية، حيث نصّت المادة (101) على حظر جلب هذه النفايات أو دفنها في الأراضي أو المياه الإقليمية، وفي هذا السياق، جاءت المادة (119) لتقرّ عقوبات على المخالفين، تشمل السجن لمدة لا تقل عن عشر سنوات، إضافة إلى غرامات مالية تبدأ من خمسة ملايين دينار، مع إلزام الجهة المخالفة بإزالة التلوث الناتج وإعادة تصدير المواد المشعة إلى بلد المنشأ. (ق الليبي ر (17) لسنة 2023م).

بينما **المشرّع المغربي**، فقد صدر القانون رقم (12-142) لسنة 2014م، بشأن الوقاية من أخطار التعرض للإشعاعات المؤينة، والذي يتضمن عددًا من المواد المنظمة لاستخدام المنشآت التي قد تُشكّل خطرًا بيئيًا. وتنص المادة (63) على شروط صارمة لإنشاء وتشغيل المنشآت الصناعية، فيما تؤكد المادة (78) على أهمية الحصول على التراخيص البيئية كشرط أساسي لمراقبة الأنشطة الإشعاعية، ويُولي المشرّع المغربي أهمية بالغة لمدى التزام المنشآت بالمعايير البيئية، حيث يُشترط الحصول على الترخيص البيئي قبل الشروع في أي نشاط ذي طبيعة إشعاعية. كما تطرقت المادة (85) إلى وجوب تدبير النفايات المشعة بطريقة تضمن حماية الإنسان والبيئة، واضعة بذلك معايير تستهدف صون حقوق الأجيال القادمة من المخاطر المحتملة لهذه النفايات. وفي المقابل، تنص المادة (151) من القانون على عقوبات صارمة تطال المخالفين الذين يمارسون أنشطة نووية بدون التراخيص اللازمة، وتشمل هذه العقوبات السجن والغرامات المالية الكبيرة. (ق المغربي ر (12-142) لسنة 2014م).

وبناءً على ما تقدم، يتبيّن بإن **التشريع المغربي** يتميّز بتفصيل أكبر في تنظيم الأنشطة النووية والإشعاعية، من خلال اشتراط التراخيص البيئية واعتماد آليات رقابة دقيقة للنفايات المشعة، في حين يركّز **التشريع الليبي** على العقوبات دون أن يحدّد بوضوح إجراءات الرقابة المستمرة أو المعايير البيئية، مما يحدّ من فعاليته في مواجهة المخاطر المرتبطة بهذه الأنشطة.

أما فيما يتعلق بإدارة النفايات والتخلص منها، لا يتضمن **التشريع الليبي** حتى الآن قانوناً مستقلاً ينظم إدارة النفايات الصناعية بشكل خاص، وإنما يتم تناول هذا الموضوع من خلال أحكام متفرقة واردة في قانون حماية البيئة رقم (15) لسنة 2003م، لاسيما المواد (6، 9، 39، 45)، والتي تشير إلى التزامات عامة لحماية البيئة دون أن توفر إطاراً قانونياً متخصصاً ومنظماً لمعالجة النفايات الصناعية. أما في **التشريع المغربي**، فقد تميّز بتبني قانون خاص هو القانون رقم 28.00 لسنة 2006م، المتعلق بتدبير النفايات والتخلص منها، حيث نصت المادة (24) منه على إلزام منتجي النفايات

الصناعية بفصل النفايات الصناعية الخطرة، وبتوفير شروط المعالجة والتخلص الآمن منها، كما فرضت جزاءات مالية وإدارية على المخالفين، وأخضعت عملية التخلص لمراقبة الجماعات المحلية المعنية، وهو ما يعكس بنية تشريعية أكثر تنظيماً وصرامة في هذا المجال. (ق المغربي ر (28.00) لسنة 2006م).

استقراءً لما سبق ذكره، يتضح بإن هناك وجود تفاوت ملموس بين النظامين القانونيين في كل من ليبيا والمغرب؛ فمن حيث أسبقية صدور القوانين، يتفوق **التشريع الليبي** من الناحية الزمنية، بإصداره قوانين مبكرة مثل قانون المياه لعام 1965م، وقانون الإشعاعات لعام 1982م، وقانون التنظيم الصناعي لعام 1989م، في حين تأخر المغرب في إصدار تشريعات مماثلة، باستثناء قانون الصيد البحري الصادر عام 1973م، إلا أن هذا التقدم الزمني لا ينعكس بالضرورة على مستوى التطبيق، إذ يُلاحظ أن المغرب يتميز بانتظام أكبر في تنفيذ قوانينه البيئية، من خلال مؤسسات فعالة، واعتماد آلية التقييم البيئي، وربط الاستثمار بمدى الالتزام البيئي، في المقابل تعاني ليبيا من ضعف في إنفاذ قوانينها رغم قدمها، نتيجة لغياب التنسيق المؤسساتي والرقابة البيئية الكافية.

أما من حيث الامتثال للمعايير الدولية، فلقد توجه **المشرع المغربي** نحو خطوات متقدمة من خلال إدماج مبادئ حديثة (كالملوّث يدفع) و(العدالة البيئية)، وتضمين هذه المبادئ في إطار قانوني مستقل خاص بإدارة النفايات ما يجعله أكثر انسجاماً مع التزامات المغرب الدولية في هذا المجال. وعلى النقيض، لا يزال **المشرّع الليبي** يفتقر إلى قوانين متخصصة، حيث لا يوجد قانون خاص بإدارة النفايات الصناعية، وهو ما يؤدي إلى حصر معالجة هذه المسائل ضمن قوانين عامة، أبرزها قانون حماية البيئة، بما يحدّ من فعالية الرقابة التخصصية، ويُظهر وجود فراغ تشريعي مقارنة بالتجربة المغربية.

وفيما يتعلق بالعقوبات والردع القانوني، فإن **النظام الليبي** وإن نص على جزاءات مباشرة وصارمة في بعض الأحكام، إلا أن فاعلية هذه العقوبات تبقى محدودة في ظل غياب آليات تنفيذ ومؤسسات رقابية فعالة، على العكس في **النظام المغربي**، فلقد تم الجمع بين العقوبات القانونية والهياكل المؤسساتية المتخصصة، مثل المجلس الأعلى للبيئة والوكالة الوطنية للماء، ما يمنح النظام القانوني المغربي قدرة أكبر على الردع والتنفيذ.

وعليه، يمكن القول إن **المشرّع المغربي** يُعد أكثر تقدماً على صعيد الكم والنوع في مجال حماية البيئة، وبالأخص في مكافحة تلوث المياه، بينما لا يزال **المشرع الليبي** يعاني من قصور تشريعي وتراجع ملحوظ في التطورات القانونية الدولية في هذا المجال، وهو ما يُعد بمثابة إجابة صريحة على التساؤل المطروح سابقًا بشأن مدى التزام ليبيا بالمبادئ الدولية ذات الصلة.

وانطلاقاً مما سبق، يمكن القول إن القواعد القانونية، سواء على الصعيد الدولي أو الوطني، تؤدي بلا شك دوراً محورياً في مكافحة التلوث الصناعي للمياه؛ إذ تشكل الاتفاقيات الدولية البيئية إطاراً قانونياً شاملاً لحماية البيئة من الآثار السلبية للأنشطة الصناعية، في حين تكفل التشريعات الوطنية حماية الموارد المائية، غير أنها كثيراً ما تواجه صعوبات على مستوى التطبيق والامتثال، ومن ثم، تبرز الحاجة الملحّة إلى تعزيز التنسيق بين القوانين الوطنية والمعايير الدولية، بغية إقرار تدابير فعالة تضمن الالتزام الكامل بتلك القواعد وتحقيق الأهداف البيئية المنشودة، وهو ما خُصِّص له المطلب الثاني.

المطلب الثاني: تحديات حماية المياه من التلوث الصناعي وتدابير تعزيزها

يشكل التلوث الصناعي أحد أبرز التحديات البيئية التي تهدد المياه، ورغم وجود الحماية التشريعية للحد من هذا التلوث، إلا أنه تطبيقها يواجه العديد من العقبات، (بوبكر، 2017م، ص 16)، وعليه، يستوجب الأمر تسليط الضوء على

التحديات القائمة لحماية المياه من التلوث الصناعي **فرع أول**، ومن ثم استعراض سبل تعزيز حماية المياه من هذا التلوث **فرع ثاني**، بما يساهم في ضمان حماية مستدامة للموارد المائية وبلوغ الأمن المائي.

الفرع الأول: تحديات حماية المياه

بالرغم من تنامي الوعي العالمي بخطورة التلوث الصناعي للمياه، إلا إن حماية الموارد المائية من هذا التلوث تواجه مجموعة من العقبات التي تعيق تنفيذ السياسات البيئية بشكل فعال، ويمكن تلخيص أبرزها كما يلي:

أولاً: قصور النصوص التشريعية: يمثل ضعف التشريعات وتجزئتها إحدى أهم المعوقات القانونية، حيث يؤدي غياب القوانين الحديثة والموحدة أو عدم شمولها لجميع المواد الكيميائية والصناعية الملوِّثة إلى تقييد قدرة الدولة على التدخل السريع للحد من التلوث ومعالجته؛ ويظهر هذا القصور بشكل واضح في النصوص الوطنية غير المحدثة، والتي غالبًا ما تتخلف عن مواكبة التطورات الصناعية والتكنولوجية الحديثة.

ثانياً: غياب الرقابة القانونية والفنية: يواجه تنفيذ القوانين واللوائح البيئية تحديات مزدوجة تجمع بين الجوانب القانونية والفنية، إذ لا يقتصر الأمر على ضعف أدوات الرصد والمراقبة الحديثة وقلة الكوادر المتخصصة، بل يشمل أيضًا نقص برامج المراقبة المنتظمة والتقنيات التحليلية المتطورة منخفضة التكلفة، مما يحد من قدرة الدولة على تحديد مصادر التلوث الصناعي ومحاسبة المسؤولين عنها، كما أن قصور برامج التدقيق البيئي الإلزامية يتيح لبعض الصناعات تجاهل الالتزامات القانونية البيئية، ويضعف فاعلية الرقابة، وهو ما أكده تقرير التنمية المستدامة لعام 2015 حول تراجع قدرة بعض الدول على تطبيق سياسات فعّالة للحد من التلوث الصناعي.

ثالثاً: قصور التنسيق المؤسسي: تؤدي تداخل الصلاحيات بين الجهات المعنية إلى تضارب القرارات وتشتّت المسؤوليات، ما ينعكس على بطء الاستجابة وتقليل فعالية الرقابة، ويزداد هذا التحدي تعقيدًا في غياب آليات واضحة للتعاون بين المؤسسات الحكومية المختصة، وبينها وبين القطاعات الصناعية والممولة، مما يضعف جهود حماية البيئة.

رابعاً: محدودية التمويل والدعم التقني: يشكل نقص الاعتمادات المالية المخصصة، إحدى العقبات الكبرى أمام تحديث محطات الصرف الصناعي وإنشاء محطات معالجة متقدمة، كما يحد من إمكانية الاستثمار في تقنيات الإنتاج الأنظف والمستدام، ويؤدي الاعتماد على تقنيات قديمة أو غير فعّالة إلى استمرار انتشار الملوثات الصناعية بشكل يضر بالبيئة والمجتمع.

خامساً: ضعف الوعي البيئي لدى الفاعلين الصناعيين: يمثل غياب الوعي البيئي لدى بعض المستثمرين وأصحاب المصانع عائقًا أمام الالتزام بالمعايير البيئية، فاستمرار الممارسات الملوِّثة دون وجود رادع رقابي أو التزام ذاتي يفاقم من حدة التلوث ويضعف جهود الدولة في حماية الموارد المائية. (مخلق،2007م، ص 79،80. وكذلك صالح، 2023م، ص426 وما بعدها. وكذلك الشاكر، 2010م، ص 171. وكذلك تافنة، ورمضان، 2022م، ص 25،26)

وبناءً على ما سبق ذكره، يتبين بأن كافة التحديات المجتمعة أعلاه، تقلل من قدرة الدولة على حماية مواردها المائية من التلوث الصناعي وضمان الحق في المياه، ومن هنا تبرز الحاجة المُلِحّة إلى إصلاح الوضع القانوني والمؤسسي لمواجهة هذه التحديات، من خلال وفاء الدول بالتزاماتها الدولية الواقعة على عاتقها بموجب الصكوك الدولية لحماية البيئية والموارد المائية، وذلك من خلال تبنّي سياسات وطنية فعالة، مما يعكس تعزيز ثقافة المسؤولية البيئية لدى مختلف الفاعلين في القطاع الصناعي.

الفرع الثاني: التدابير القانونية لحماية المياه

تُعد الوسائل القانونية أداة أساسية لحماية الموارد المائية من آثار التلوث الصناعي، لما لها من دور في الوقاية، والتنظيم، والزجر، وفق نهج يوازن بين حماية البيئة ومتطلبات النشاط الصناعي، وفي إطار احترام الالتزامات الوطنية والدولية، وهي ما يلي:

أولاً: تبني سياسات وطنية وآليات تنظيمية شاملة: يمثل إعداد سياسات وطنية متكاملة لحماية الموارد المائية نقطة الانطلاق في بناء الإطار القانوني لمكافحة التلوث الصناعي. وينبغي أن تتضمن هذه السياسات قواعد واضحة لإدارة النفايات الصناعية، وتحديد مصادر التلوث، وتعزيز نظم الرصد والرقابة البيئية، ويُعتبر الترخيص البيئي أداةً تنظيميةً أساسية ضمن هذه السياسات، إذ يُفرض كشرط قانوني لمزاولة النشاط الصناعي، ويُلزم المنشآت بالامتثال لمعايير تصريف النفايات وإجراء تقييمات دورية لمستوى الالتزام. ولا تكتمل فاعلية هذه السياسات دون تخصيص الاعتمادات المالية والفنية الكافية التي تكفل حسن التنفيذ.

ثانياً: إدماج البُعد البيئي المائي في التخطيط الصناعي: إن إدخال الاعتبارات البيئية المائية ضمن مراحل إعداد وتنفيذ الخطط الصناعية يُمثل تدبيراً وقائياً محورياً، ويتجسد ذلك في إلزام المشاريع الصناعية بإجراء تقييم شامل للأثر البيئي المائي قبل منح الترخيص، ووضع معايير دقيقة لاختيار مواقع المنشآت الصناعية، بما يتلاءم مع حساسية النظم المائية ويحول دون تعرضها لمخاطر التلوث، (العادلي، 2003م، ص 356، وكذلك رزيق، 2007م، ص 97).

ثالثاً: تكريس المسؤولية القانونية للمنشآت الصناعية: تتحمل المنشآت الصناعية المسؤولية الكاملة عن الأضرار التي تُلحقها بالموارد المائية، وفقاً لمبدأ الملوِّث يدفع ومبدأ المسؤولية المطلقة، ويقتضي ذلك إرساء منظومة رقابية فعّالة تقوم على التفتيش الدوري، وتطبيق الجزاءات الملائمة على المخالفين، بما يُحقق الردع ويضمن الامتثال للمعايير البيئية.

رابعاً: تشجيع اعتماد التقنيات النظيفة وإعادة تدوير المياه: يشكّل التحول نحو تكنولوجيا الإنتاج الأنظف وإعادة تدوير المياه المستعملة أحد التدابير الجوهرية للحد من التلوث الصناعي، ويتطلب ذلك تبني تشريعات تحفيزية وضريبية وإجرائية تشجع المنشآت الصناعية على استثمار الحلول التقنية المستدامة، بما يُسهم في خفض نسب الملوثات وتحسين كفاءة استخدام الموارد المائية.

خامساً: تفعيل الشفافية والمساءلة البيئية: إن تكريس الحق في الوصول إلى المعلومات البيئية وتعزيز مشاركة المجتمع المدني في الرقابة على الأنشطة الصناعية يمثلان ركيزة أساسية لضمان الحماية الفعالة للموارد المائية، ويتطلب ذلك وضع آليات قانونية تُلزم المؤسسات الصناعية والجهات الإدارية بالكشف عن البيانات البيئية، وإتاحة المجال للأفراد والمنظمات في الإبلاغ عن التجاوزات، بما يعزز ثقافة الالتزام ويرسخ مبدأ المساءلة البيئية.

سادساً: تعزيز التعاون الدولي في مواجهة التلوث العابر للحدود: نظراً للطبيعة العابرة للحدود التي قد يتسم بها التلوث الصناعي، فإن التعاون الدولي يعد ضرورة قانونية وبيئية في آن واحد، ويتحقق ذلك عبر تبادل البيانات البيئية، وإجراء تقييمات مشتركة للأثر البيئي، وإبرام اتفاقيات ثنائية ومتعددة الأطراف تكفل الإدارة الرشيدة للموارد المائية المشتركة، وذلك انسجاماً مع مبدأ منع الضرر والاستخدام المنصف والمعقول. (الحديثي،2021م، ص 128، وكذلك عزاز،2016م، ص 209. وكذلك دربال 2019م، ص 349)

خلاصة القول: أن فعالية التدابير القانونية في مكافحة التلوث الصناعي للمياه تستوجب مقاربة متكاملة في الإدماج تبين الصرامة التشريعية وفعالية التنفيذ، بما يضمن الأمن البيئي وخلق بيئة عمرانية صحية وآمنة، ويحقق التوظيف الأمثل للموارد المتاحة، وتحديد الاحتياجات الحقيقية الحالية والمستقبلية بكل دقة، عبر إطار قانوني عادل ومستدام يحمي الحقوق المائية.

الخاتمة:

تناول هذا البحث موضوع التلوث الصناعي للمياه وانعكاساته على الأمن المائي، وذلك من خلال مبحثين رئيسيين؛ خُصّص الأول لبيان الإطار القانوني المنظم لعلاقة التلوث الصناعي للمياه بالأمن المائي، بينما عُني الثاني باستعراض الأحكام القانونية المتعلقة بحماية الموارد المائية من هذا النوع من التلوث، وفي ختام الدراسة، خُلص البحث إلى عدد من النتائج الجوهرية التي بُنيت عليها توصيات علمية وقانونية، يمكن إجمالها فيما يلي:

أولا: النتائج:

1. إن الانتفاع الفعلي بالحقوق لا يُتصوَّر في غياب حماية فعّالة لحق الإنسان في المياه من مخاطر التلوث الصناعي؛ ذلك أن المنظومة الحقوقية تقوم على ترابط عضوي يجعل المساس بأحد الحقوق مساساً مباشراً ببقية الحقوق الأخرى، ويؤدي بالضرورة إلى تقويض منظومة الحماية المتكاملة التي كفلها القانون لحقوق الإنسان.

2. رغم تعدد القواعد القانونية الدولية الهادفة إلى حماية الموارد المائية من التلوث الصناعي، إلا أن فعاليتها تظل محدودة في ظل غياب التزام الدول الجاد بواجباتها الدولية، وهو ما يتطلّب دعم هذه القواعد بآليات رقابية وقضائية دولية فعّالة تكفل مساءلة الملوّثين وتُحقق الردع القانوني اللازم.

3. إن النصوص القانونية الوطنية، وإن وُجدت، لا تُحقق الغاية المرجوة منها في مكافحة التلوث الصناعي للمياه ما لم تُصاحبها إرادة تشريعية لتطويرها وتحديثها بما يتلاءم مع التحديات البيئية المعاصرة، كما أن الفجوة القائمة بين النصوص والتطبيق تُضعف من فاعليتها، الأمر الذي يفرض ضرورة مواءمتها مع الممارسات الدولية وتحقيق فعالية تنفيذية على أرض الواقع.

4-رغم الجهود التشريعية، لا يزال تنظيم المشرّع الليبي يعاني من قصور واضح، إذ ركّز بشكل أساسي على حماية المياه البحرية، في حين تبقى المياه العذبة التي تُعد موردًا استراتيجيًا ضمن منظومة الأمن المائي أقل حظاً من الحماية القانونية، مما يُضعف من شمولية الحماية القانونية لمصادر المياه كافة ويُخالف متطلبات الالتزام بمعايير البيئية المستدامة.

ثانياً: التوصيات:

1-نوصي الدول العربية باعتماد آليات الجباية البيئية التحفيزية من خلال فرض رسوم على الأنشطة الصناعية الملوّثة، بما يرسّخ مبدأ تحميل الملوّث كلفة التلوّث، كما نوصي بتعزيز آلية التخطيط البيئي المرجعي عبر عقود بيئية تُبرم مع الجهات المختصة، لضمان التزام المؤسسات الصناعية بالمعايير البيئية، ويُشكل الجمع بين هذين النهجين أداة فعّالة لتحقيق تنمية صناعية مستدامة، وموارد مائية آمنة.

2-نوصي المشرّع الوطني بتعزيز الحماية القانونية للمياه العذبة من خلال إدراج نصوص صريحة ترتب الجزاءات وتُحدد العقوبات أكثر صرامة على الجرائم المتعلقة بتلويثها، بما يضمن حمايتها من أخطار التلوث الصناعي، وذلك على نحو مماثل لما قرره المشرّع بشأن المياه البحرية، تحقيقًا لمبدأ المساواة في الحماية القانونية لكافة الموارد المائية.

المصادر والمراجع:

أولاً: الكتب:

. الأنصاري، ن. م. ع. (2009). التلوث البيئي: مخاطر عصرية واستجابة علمية، الطبعة الأولى، عمان، دار دجلة.

. الخولي، أ. (2002). البيئة وقضايا التنمية والتصنيع، الكويت، عالم المعرفة.

. السروى، أ. (2008). الملوثات المائية (المصدر-التأثير-التحكم والعلاج). الطبعة الأولى، القاهرة، دار الكتب العلمية.

. الشافي، أ. س. (2016). الأمن المائي، الطبعة الأولى، الإسكندرية، مكتبة الوفاء القانونية.

. الشاكر، م. (2010). القانون الدولي للمياه: إشكالية الرفض والقبول-مياه الشرق الأوسط، بغداد.

. العادلى، م. ص. (2003). موسوعة حماية البيئة، الطبعة الأولى، الإسكندرية، دار الفكر الجامعي.

. الفيل، ع. ع. (2013). شرح التلوث البيئي في قوانين حماية البيئة العربية، الطبعة الأولى، القاهرة، المركز القومي للإصدارات القانونية.

. النكلاوي، أ. (1999). أساليب حماية البيئة العربية من التلوث (مدخل إنساني تكاملي). الطبعة الأولى، الرياض، أكاديمية نايف للعلوم الأمنية.

. الهريش، ف. ص. (2007). جرائم تلوث البيئة، الطبعة الثانية، بنغازي، دار الكتب الوطنية.

. تامر، م. (2018). حق الإنسان في المياه، الطبعة الأولى، مكتبة دار السلام القانونية.

. حسام، م. (2017). الأمن الإنساني-وجودة الحق في الحياة، الطبعة الأولى، الإسكندرية، مكتبة الوفاء القانونية.

. حسين، م. أ. (1995). البيئة والتلوث-دراسة تحليلية لأنواع البيئات ومظاهر التلوث، الإسكندرية، مركز الإسكندرية للكتاب.

. حشيش، أ. م. (2008). المفهوم القانوني للبيئة-في ضوء أسلمة القانون المعاصر، دار الكتب القانونية.

. زناتي، ع. م. أ. (2000). النظام القانوني للمياه الجوفية العابرة للحدود، القاهرة، دار النهضة.

. عبد القادر، ل. ع. ع. (2016). حماية البيئة والتنمية المستدامة-آفاق وتحديات بين التشريعات العربية والدولية، الإسكندرية، دار الفكر الجامعي.

. عطية، إ. د. (1992). الأمن البيئي: النظام القانوني لحماية البيئة، الطبعة الأولى، دار الجامعة الجديدة.

. فهد، ح. ج.، & ربيع، ع. م. (2011)، التلوث المائي، الطبعة الأولى، عمان، مكتبة المجتمع العربي.

. قسوم، س (2018)، الاتجاهات الجديدة في الدراسات الأمنية-دراسة في تطور مفهوم الأمن في العلاقات الدولية، الطبعة الأولى، مركز الإمارات للدراسات والبحوث الاستراتيجية، أبو ظبي.

. مخلق. ع. ص، (2007)، الإدارة البيئية-الحماية الإدارية للبيئة، الطبعة الأولى، دار اليازوري، عمان.

. هياجنة، ع. ن. ز، (2014)، القانون البيئي_ النظرية العامة للقانون البيئي مع شرح التشريعات البيئية، الطبعة الثانية، دار الثقافة، عمان.

ثانياً: الرسائل العلمية:

أ: أطروحات دكتوراة

. الحديثي، أ. ص. ع. ر. (2021). الالتزام الدولي بحماية التنوع البيولوجي (أطروحة دكتوراه). كلية الحقوق، الجامعة الإسلامية في لبنان.

. بن حميد، ع. ق. (2024). الآليات المستحدثة لحماية البيئة في إطار التنمية المستدامة (أطروحة دكتوراه). كلية الحقوق والعلوم السياسية، جامعة عبد الحميد بن باديس-مستغانم.

. دربال، م. (2019). دور القانون الدولي في حماية البيئة (أطروحة دكتوراه). كلية الحقوق والعلوم السياسية، جامعة جيلالي ليابس.

. عزاز، هـــــ. (2016). الحماية القانونية للمجاري المائية الدولية (دراســة في ضــوء قواعد القانون الدولي) (أطروحة دكتوراه). جامعة الحقوق والعلوم السياسية، جامعة العربي التبسي.

. وناســـي، ي. (2007). الآليات القانونية لحماية البيئة في الجزائر (أطروحة دكتوراه). كلية الحقوق والعلوم السياسية، جامعة أبو بكر بلقايد.

ب: رسائل الماجستير

. الخريشـا، س. ش. ع. (2018). جريمة نقل ودفن النفايات النووية والسـامة في ظل القانون الدولي (رسـالة ماجستير). كلية الحقوق، جامعة الشرق الأوسط.

. تافنة، إ.، ورمضـاني، ب. (2022). الآليات القانونية لحماية البيئة من التلوث الصـناعي (رسـالة ماجسـتير). كلية الحقوق، جامعة قاصدي مرباح، ورقلة.

. زيرق، ع. ع. (2013). دور منظمة الأمم المتحدة في حماية البيئة من التلوث (رســالة ماجســتير). كلية الحقوق، جامعة الإخوة منتوري قسنطينة.

. لهيصـاك، ف.، وجوهري، أ. (2014). المسـؤولية الدولية عن التلوث العابر للحدود (رسـالة ماجسـتير). كلية الحقوق والعلوم السياسية، جامعة عبد الرحمان ميرة – بجاية.

ثالثا: المقالات العلمية

. بن قلوش، ن. (2021). الأمن البيئي والأمن الإنساني تكامل أم تقاطع. مجلة آفاق علمية، م 13، ع (1).

. بوبكر، ب. ف. (2017). القانون الدولي لحماية البيئة. مطبوعة خاصـة بطلبة الماسـتر، كلية القانون والعلوم السياسية، جامعة الدكتور موالي الطاهر سعيدة.

. حاشـــي، م. إ.، & إلياس، ن. (2021). الأمن البيئي كأحد أهم أبعاد الأمن الإنســـاني. مجلة الاجتهاد القضائي، م 13 ع (خاص).

. رزيق، (2007). دور الدولة في حماية البيئة. مجلة الباحث، ع 5.

. سنقرة، ع. (2023). اليات حماية البيئة من التلوث الصناعي. مجلة الحقوق والعلوم الإنسانية، م 2.

. شـحدة، ش. أ. (2024). التحليل المكاني لخصـائص مياه بعض الآبار الجوفية في مدينة سـبها للمدة 2013-2022. مجلة جامعة فزان العلمية، م 3، ع 2.

. علام، إ. أ. (2022). آليات الحماية الدولية للبيئة من الأخطار والجوائح. مجلة كلية الشريعة والقانون، م37، ع (4).

. غرايبة، خ. م. ش. (2010). التلـوث البيئـي: مفهومه وأشكاله وكيفية التقليل من خطورته. مجلة الدراسات البيئية، م3.

. كنعان، ع. غ. ح. (2011). أثر التلوث الصناعي على الإنسان والطبيعة. مجلة نمية الرافدين، م33 ع (105).

. كومار، أ. (2015). السـمات الجيولوجية والبيئية المحيطة بمنطقة البريقة، ليبيا. مجلة علوم الأرض، م 8، ع(2).

. مســـعود، م. وآخرون. (2021). قياس وتقييم تلوث المياه في خليج منية طبرق، ليبيا. المجلة الليبية لعلوم وتكنولوجيا البيئة، م 3 ع 1.

. نايل، ص. (2019). تداعيات الأمن القانوني في مجال تســـيير الموارد البيئية (الموارد المائية نموذجا). مجلة الاجتهاد القضائي، م 2، ع 1.

رابعاً: الاتفاقيات الدولية

. اتفاقية استوكهولم بشأن الملوثات العضوية الثابتة (2001).

. اتفاقية الأثر البيئي في سياق عابر للحدود (1991).

. اتفاقية الأمم المتحدة لقانون البحار (1982).

. اتفاقية بازل بشأن نقل النفايات الخطرة والتخلص منها عبر الحدود (1989).

. اتفاقية حماية البحر الأبيض المتوسط من التلوث (1976).

. اتفاقية حماية واستخدام المجاري المائية العابرة للحدود (1992).

. اتفاقية روتردام بشأن إجراء الموافقة المسبقة بالنسبة لبعض المواد الكيميائية (1998)

. العهد الدولي الخاص بالحقوق الاقتصادية والاجتماعية والثقافية (1966).

. لجنة الأمم المتحدة الاقتصـادية لأوروبا. (2021). الدليل العملي لوضـع اتفاقات أو ترتيبات أخرى للتعاون في مجال المياه العابرة للحدود. الأمم المتحدة، جنيف.

خامساً: التقارير الدولية

. الأمم المتحدة (1992م). تقرير المعني بالبيئة والتنمية، ريودي.

. الأمم المتحدة (2012م). تقرير المعني بتنمية الموارد المائية، بشأن تقدير قيمة المياه.

. الأمم المتحدة (2019م). التوجه نحو الأمن المائي العربي في المنطقة العربية، بيروت.

. الأمم المتحدة (2020م). تقرير تقييم القضـايا المثيرة للقلق: المواد الكيميائية والنفايات التي تشـكل مخاطر على صحة الإنسان والبيئة.

. الأمم المتحدة (2023). تقرير بشـــأن المواد الكيميائية في البلاســـتيك والعمل العالمي بشـــأن تلوث البلاستيك-تقرير فني.

. اللجنة المعنية بالحقوق الاقتصادية والاجتماعية والثقافية (2002). تعليق رقم 15.

. برنامج الأمم المتحدة الإنمائي (2016). تقرير التنمية الإنســـانية: ما هو أبعد من الندرة: القوة والفقر وأزمة المياه العالمية.

. منظمة الصحة العالمية (1989). دلائل جودة مياه الشرب: المعايير الصحية ومعلومات مساعدة أخرى، الجزء الثاني.

. مؤتمر الأمم المتحدة المعني بالبيئة البشرية، ستوكهولم، السويد (1972). إعلان

سادساً: المؤتمرات الدولية

. الأمم المتحدة (2011). المحاضـر الرسـمية عن الجمعة العامة للأمم المتحدة، الدورة الخامسـة والسـتون، الجلسة العامة 114، نيويورك، 27 تموز.

. رحاب وآخرون (2021). التأثير البيئي للمياه المنتجة على المائي الجوفي في حوض ســـرت، ليبيا. وقائع الندوة الدولية الخامسة حول جودة البيئة والصحة العامة، بودابست، هنغاريا.

. مؤتمر ستوكهولم (1972). المؤتمر الأممي الأول حول البيئة الإنسانية.

سابعاً: القوانين والتشريعات

. القانون الليبي المياه لعام 1965، الجريدة الرسمية، 10-10-1965.

. القانون الليبي رقم (14) لسنة 1989 بشأن تنظيم استغلال الثروة البحرية، الجريدة الرسمية، العدد 10.

. القانون الليبي رقم (15) لسنة 2003 بشأن حماية البيئة، الجريدة، العدد 4.

. القانون الليبي رقم (17) لسنة 2023 بشأن تنظيم الأنشطة الإشعاعية والنووية والرقابة عليها، الجريدة الرسمية، العدد 10.

. القانون الليبي رقم (22) لسنة 1989 بشأن الأنشطة الصناعية، الجريدة الرسمية، العدد 22.

. القانون الليبي رقم (3) لسنة 1982 بشأن تنظيم مصادر المياه، الجريدة الرسمية، العدد 10.

. القانون المغربي رقم (03-12) لسنة 2003 بشأن تأثير الأنشطة الصناعية على البيئة، الجريدة الرسمية، العدد 5118.

. القانون المغربي رقم (1.73.255) لسنة 1973 بشأن تنظيم الصيد البحري، الجريدة الرسمية، العدد 3187.

. القانون المغربي رقم (11.03) لعام 2003 بشأن حماية واستصلاح البيئة، الجريدة الرسمية، العدد 4.

. القانون المغربي رقم (1.16-113) لسنة 2016 بشأن الماء، الجريدة الرسمية، العدد 6494.

. القانون المغربي رقم (12-142) لسنة 2014 بشأن الوقاية من أخطار التعرض للإشعاعات المؤينة، الجريدة الرسمية، العدد 6290.

. القانون المغربي رقم 28.00 لسنة 2006 المتعلق بتدبير النفايات والتخلص منها، الجريدة الرسمية، العدد 5480.

سابعاً: مواقع الإنترنت

. الاتحاد الدولي للاتصالات. (2017). الرصد العالمي للنفايات الإلكترونية. متاح على: https://www.itu.en (تم الاطلاع بتاريخ 24-4-2025، الساعة 7:00 صباحاً).

. برنامج الأمم المتحدة للبيئة. (2016). تزايد معدل الجرائم البيئية والجهود المبذولة لمنعها. متاح على: htt://ncm.gov.sa (تم الاطلاع بتاريخ 21-4-2025، الساعة 7:11 مساءً).

. برنامج الأمم المتحدة للبيئة. (2018). تقرير الأمم المتحدة للبيئة المعني بمكافحة التلوث. متاح على: https://www.unep.org (تم الاطلاع بتاريخ 24-4-2025، الساعة 5:08 مساءً).

. كساسبة، ف. (2023). تأثير التلوث الإشعاعي على البيئة. متاح على: https://mawdoo3.com (تم الاطلاع بتاريخ 25-4-2025، الساعة 11:12 صباحاً).

. منظمة الصحة العالمية. (2009). إرشادات منظمة الصحة العالمية لجودة مياه الشرب. متاح على: https://www.who.int (تم الاطلاع بتاريخ 21-4-2025، الساعة 3:23 صباحاً).

. منظمة العمل الدولية. (2015). تقرير الوظائف الخضراء: التقدم 2014-2015. متاح على: https://www.ilo.org (تم الاطلاع بتاريخ 23-4-2025، الساعة 11:12 مساءً).

Industrial Water Pollution as a Threat to Water Security: A Legal Approach to the Protection of Water Resources

Nadia Ali Suleiman Dhahekil

Public International Department, Faculty of Law, Sirte University, Libya

Abstract

Industrial water pollution represents one of the most serious threats to water security, given its direct impact on public health, environmental balance, human rights, and sustainable development goals. This study seeks to enrich legal scholarship by analyzing the relationship between industrial water pollution and water security, and by proposing practical recommendations for policymakers to enhance the effectiveness of water legislation.

The research addresses the central question of how effective national and international legal frameworks are in limiting industrial water pollution, considering the structural deficiencies and weak enforcement mechanisms that hinder their application. Using both analytical and comparative methods, the study examines relevant legal texts and highlights best legislative practices in combating this type of pollution.

The findings reveal that national legislation remains limited in effectiveness due to the gap between law and practice, and its focus on marine rather than freshwater protection. Furthermore, the study notes the absence of efficient supervisory and judicial mechanisms to ensure proper enforcement.

Accordingly, the study recommends adopting environmentally oriented fiscal mechanisms based on the "polluter pays" principle, promoting environmental contracts that oblige industries to comply with ecological standards, and strengthening the legal protection of freshwater through explicit provisions and strict penalties, ensuring equal protection of all water resources and enhancing the coherence of the legal framework for water security.

Keywords: Environmental security; water security; industrial pollution; legal protection; water resources.

The First Scientific Conference of the Faculty of Science – Sirte University Environmental Pollution and Challenges of Environmental Sustainability (EPESC), Oct.14, 2025

صناديق التعويضات كوسيلة من وسائل التعويض الحديث عن الضرر البيئي

د. مصباح عبد الله احواس، و أ. أحمد محمد احواس

قسم القانون الخاص، كلية القانون، جامعة سرت، الدولة ليبيا

Corresponding Author Email: ahwassahmed@gmail.com

Article History:

Received: 11 April 2025

Revised: 26 May 2025

Published: 15 November 2025

الكلمات المفتاحية:

البيئة؛ التلوث؛ الضرر؛ التعويض؛ صناديق التعويضات.

ملخص البحث: إنَّ البيئة تتكون من عدة عناصر وهي التربة والمياه والهواء، ونتيجة تلوث هذه العناصر وتغيير في خصائصها ضهر الضرر البيئي، فوضحت في هذه الدراسة ماهية الضرر البيئي تم بيان خصائص الضرر البيئي وشروطه الواجب توفرها في الضرر في المبحث الأول، ودرست في المبحث الثاني صناديق التعويضات كوسيلة للتعويض عن الضرر البيئي، وتعتبر صناديق التعويضات من الطرق الحديثة في التعويض عن الضرر البيئي وهي طرق استحدثت نتيجة تطور الصناعي والاقتصادي وكثرة الأضرار البيئية وعدم القدرة على تغطية التعويض، وكنوع من المساعدة في المحافظة على البيئة برزت صناديق التعويضات.

وإظهار دور صناديق التعويضات لتسهيل الصعوبات أمام المتضررين للحصول على تعويضات فعّالة وسريعة، فوضحت الدراسة مدى تدخل صناديق التعويضات والمشكلات التي يمكن أن تثيرها من حيث تمويلها وإدارتها، والتزام الدول في تحصيل الأقساط لدعمها، وأخيراً دور التشريعات الوطنية والاتفاقيات والمعاهدات الدولية في الأخذ بها كآلية للتعويض.

11. المقدمة

البيئة وسط طبيعي ومحيط يعيش فيه الإنسان وباقي الكائنات الحية، وتشمل المياه والتربة والهواء، فتعد الملاذ الآمن الذي يلجأ إليه الإنسان ومصدر رزقه، يستفيد من ثرواته ويحافظ على مقدراته، بحيث يخلق توازنا بين مصالحه وعناصر البيئة. تعامل الإنسان مع البيئة جعلهُ يستنزفها في مصالحه الشخصية، وارتبط تطوره الحضاري باستغلاله لإمكانياتها وطاقاتها، الاستغلال كان محدودا في العصور الأولى، فكان للتلوث البيئي ظهور وتأثير ضئيل، وذلك لقلة

الملوثات، وقدرة البيئة على استيعابها، إلى أن تمادى هذا الاستغلال وأدى إلى وجود تلوث بيئي تسبب بوجود ضرر لحق بالبيئة والانسان على حد سواء.

مشكلة الدراسة:

تكمن مشكلة الدراسة في أنَّ التلوث البيئي هو خطر جديد ذو خصوصية معقدة، يترتب عليه صعوبة إثبات هذا الخطر، ونسبته إلى شخص معين يكون مسئولا عن تعويض الأضرار التي تترتب عليه، ولاشك أن خطراً خاصاً كهذا لا يمكن أن تستغرقه قواعد المسؤولية المدنية المنصوص عليها في القانون المدني في هذا المجال، والذي يتمثل في التلف الذي يلحق بالعناصر الطبيعية للبيئة، وبعيدا عن الأضرار المباشرة المتعارف عليها في المسؤولية المدنية، والتي تلحق بالإنسان ومركزه المالي، فلابد من تحديد ألية للتعويض عن الضرر البيئي، وذلك عن طريق الآليات والوسائل الحديثة في التعويض وهي صناديق التعويضات وكيفية تمويل هذه الصناديق والمشاكل التي تواجهها، وكذلك خصوصية الجزاء والتعويض الذي يتناسب مع تلك الأضرار.

أهداف الدراسة:

وتسعى الدراسة إلى هدف أساسي وهو تحقيق أقصى حماية قانونية ممكنة للمتضرر من أخطار تلوث البيئة، وتهدف أيضا إلى تحقيق الأهداف الآتية:

1- تحديد ماهية الضرر البيئي وخصائصه وشروطه.

2- تعويض عن الضرر البيئي من خلال صناديق التعويضات وتوضيح الأليات والوسائل الحديثة المتبعة في التعويض.

أهمية الدراسة: بيان مدى إيجاد نظام تعويض في مجال تلوث البيئة، ولخصوصية الأضرار الناجمة عن هذا التلوث، اقتراح صناديق التعويضات لهذه الدراسة حتى يتم اعتمادها في إصلاح البيئة والضرر الناتج عن التلوث بما يعالج طبيعة هذه الأضرار.

وضمان حقوق الأفراد لأن أي ضرر قد ينجم عن تلوث البيئة قد يترتب عليه هدر حقوق هؤلاء الأفراد.

كما أنَّ البيئة في مجال الفقه القانوني موضوع ليس بحديث عن البحث والتحديث وإيجاد الحلول، فتوجد العديد من الدراسات السابقة له ومنها الآتي:

1. بوفلجة عبد الرحمان، المسئولية المدنية عن الأضرار البيئية ودور التأمين، رسالة دكتوراه جامعة أبوبكر بالقايد، الجزائر، لسنة 2016م، تناول الباحث في هذا العنوان المسئولية المدنية عن أضرار التلوث ودور التأمين عن أضرار البيئة، واشتملت على المسؤولية المدنية في التلوث البيئي المسؤولية البيئية القائمة على عنصر الخطيئة وإمكانية تطبيق النظرية في مجال التلوث البيئي، وباعتبار أن التأمين عن أضرار البيئة من الوسائل الحديثة بجانب صناديق التعويضات.
2. مصباح عبد الله إحواس، رسالة دكتوراة في القانون الخاص، أساس وطرق التعويض عن الأضرار البيئية، دراسة مقارنة، كلية الحقوق، جامعة عين شمس،2011م، تناولت هذه الدراسة المسؤولية التقليدية التي تعتمد على الخطأ، وكذلك بعض مواضيع المسؤولية الموضوعية التي تعتمد على الضرر، وأساس الدعوى البيئية، طرق التعويض في المسؤولية المدنية، وآليات التعويض من التأمين الإجباري وصناديق التعويضات عن التلوث البيئي.

منهج الدراسة:-

الاعتماد على المنهج الوصفي في وصف ماهية الضرر البيئي وخصائصه وشروطه، وتوضيح صناديق التعويضات وآليات المتبعة في التعويض، والمنهج التحليلي والمقارن في مقارنة التشريعات والقوانين بين الدول وتحديد الأصلح منها. ومقارنة التشريع البيئي الليبي بغيره من القوانين والمعاهدات والاتفاقيات الدولية وتبيان أوجه الشبه والاختلاف وسد القصور في التشريع البيئي الليبي.

خطة الدراسة:

المبحث الاول / ماهية الضرر البيئي وشروطه.

المطلب الأول / تعريف وخصائص الضرر البيئي.

المطلب الثاني / شروط الضرر البيئي.

المبحث الثاني / صناديق التعويضات كوسيلة للتعويض عن الضرر البيئي.

المطلب الأول / مدى تدخل صناديق التعويضات وأهم المشكلات التي يثيرها.

المطلب الثاني / التشريعات الوطنية ودورها في الأخذ بفكرة صناديق التعويضات.

الإطار النظري:

المبحث الأول: ماهية الضرر البيئي وشروطه

المسؤولية المدنية على اختلافها تدور في فلك واحد، وهو تحقيق التعويض عن الأضرار ناجمة عن التلوث البيئي، وهذا الأساس حق أصيل وثابت رغم ما لحق المسؤولية من تطور، فالتطور الذي بدأ بالخطأ واجب الإثبات وانتهى بالمسؤولية دون خطأ جعلها تواكب تطورات العصر، كما أنّ القاسم المشترك بينهما هو وجود ضرر يستوجب التعويض، وإمكانية تعويض المتضرر يعتبر أهم هدف نظم المسؤولية (سعد، 2007، صفحة 221)· فإنَّ الضرر هو الشرارة التي ينبعث منها التفكير في مسألة التعويض، وتحديد المسؤولية للحصول على تعويض يجبر الضرر (فهمي، 2011، صفحة 165)·

وللحديث عن الضرر كركن من أركان المسؤولية يستوجب بيان مفهوم الضرر البيئي وشروطه، وفي هذا المبحث سوف نتناول مفهوم الضرر البيئي وخصائصه في (المطلب الأول)، ثم بعد ذلك ندرس الشروط الواجب توافرها في الضرر البيئي في (المطلب الأخر).

المطلب الأول: تعريف وخصائص الضرر البيئي

إذا ثبت عدم المساس بعنصر من عناصر البيئة فلا تقوم مسئولية، طالما ليس لهذه المضار المزعومة وجود أصلاً، فوجب علينا في (الفرع الأول) توضيح مفهوم الضرر في اللغة والاصطلاح، ثم بعد ذلك نوضح خصائص الضرر البيئي (الفرع الاخر).

الفرع الأول / مفهوم الضرر البيئي.

يتحدد بأنه ضرر أيكولوجي، ناتج عن الاعتداء على مجموعة العناصر المكونة للبيئة، ويمتاز بخاصيته الغير المباشر وبطابعه الانتشاري (محمد، 2018، صفحة 36)، وبدونه تنعدم معه كل مصلحة في طلب التعويض، فلا تقبل دعوى حيث

لا وجود مصلحة له من جراء طلبه التعويض (محمد ا.، 2008، صفحة 51)، وسندرس كل من المفهوم اللغوي والاصطلاحي للضرر البيئي:

أولا - التعريف اللغوي للضرر: يُقصد بالضرر في اللغة كل ما هو ضد النفع، ويرد الضرر أيضاً بمعنى الضّيق والنقصان يدخل في الشيء (ابن منظور، صفحة 2573)، وقد وردت لفظة الضرر في الكتاب وقوله تعالى: لَا يَسْتَوِي الْقَاعِدُونَ مِنَ الْمُؤْمِنِينَ غَيْرُ أُوْلِي الضَّرَرِ، كما أكدّت السنة النبوية المُطهرة ركن الضرر منذ قرون، عن سعيد الخدري - رضي الله عنه أن الرسول صلى الله عليه وسلم قال: (لا ضرر ولا ضرار).

ثانياً - التعريف الاصطلاحي للضرر: هو الخسارة أو الإيذاء الذي يصيب الشخص في حق من حقوقه، ويعد الضرر الركن الثاني في المسؤولية (عياد، 1990، صفحة 78)، وقد يكون الضرر مادياً في ماله، وهو الأكثر في الغالب، وقد يكون معنوياً يصيب المضرور في شعوره أي معنى آخر من المعاني التي يحرص الناس عليها (السنهوري، 2004، صفحة 714).

وينقسم إلى نوعين، هما الضرر المادي، والضرر المعنوي (عبدالله، 2001، صفحة 468)؛ وهو كالآتي:

أ- **الضرر المادي:** هو الضرر الذي يصيب الشخص في ذمته المالية (سلطان، 2002، صفحة 240)، كإتلاف المال بحرق المنزل أو المحصول أو تلف السيارة نتيجة حادث أو عجز الشخص عن العمل (الازهري، 2013، صفحة 321)، ويقع نتيجة خطأ قام به شخص المتسبب بالضرر؛ ممَّا يصيب المضرور في ماله أو انتقاص حقوقه المالية أو بتفويت فرصة مشروعة له تقدر فائدتها مالياً (عامر و عامر، 1979).

ب- **الضرر الأدبي:** هو الضرر الذي يصيب الشخص في مصلحة غير مالية، ويصيب الشخص نتيجة الاعتداء على جسمه أو عاطفته أو كرامته، وأيضا الضرر الذي يصيب الإنسان في سمعته، كالذي يترتب عن السب والقذف (السعدي، صفحة 431).

ت- حيث أن القانون المدني المصري استقر الفقه والقضاء لديهم على جواز التعويض عن الضرر الأدبي في كافة صوره، وإن الضرر الأدبي عادة ما يقترن بضرر مادي (السامرائي، 2004، صفحة 199).

كما أخذ المشرع الليبي بفكرة التعويض عن الضرر الأدبي، حيث نص على أنه " يشمل التعويض الضرر الأدبي أيضاً، ولكن لا يجوز في هذه الحالة أن ينتقل إلى الغير إلا إذا تحدد بمقتضى اتفاق أو طالب الدائن به أمام القضاء. والضرر المتسبب عن تلوث البيئة، هو أن يمس بسلامة البيئة، أو يعرض حياة البشر والكائنات الحية المتواجدين عليها للخطر، فالضرر الناتج عن التلوث البيئي، يهدد سلامة البيئة والبشرية على حد سواء (محمد ح.، 2017، صفحة 73). فالضرر البيئي بمعناه الفني، أي إضرار بالحيوية الأولية لعناصر البيئة فهو بطبيعته ليس ضررًا شخصيًا، وإن كان الحق في التعويض عن الضرر البيئي يؤول في نهاية الأمر الى البيئة ذاتها، لا إلى غيرها، حيث أن البيئة ليست شخصًا قانونيًا بالمعنى الفني (الدسوقي، 2008، صفحة 73).

ويكون هناك التلازم بين الفعل الضار والضرر الناتج عنه وقد يفقد هذا التلازم، ويعني ذلك انعدام الزمن بين لحظة وقوع الفعل ولحظة تحقق الضرر (المنياوي، 2007، صفحة 170)، وأن آثاره لا تظهر فور وقوع الخطأ بل تمتد الى أجيال متعاقبة، ويصعب في كثير من الأحيان تحديد مصادره بصفة قاطعة (احمد، صفحة 1114).

ونستخلص ممَّا سبق أن الضرر البيئي يصعب وصفه بالضرر الشخصي؛ نظرًا للعلاقة غير المباشرة، فهو ضرر عيني قابل إلى أن يتحول إلى ضرر شخصي، وأحياناً قد يمس الأملاك الخاصة مما يجعله غير قابل للإصلاح في العديد من الحالات، بسبب صعوبة العلاقة السببية.

الفرع الثاني / الخصائص القانونية للضرر البيئي.

تتميز الأضرار البيئية بخصوصية عن غيرها من الأضرار، فهي أضرار غير مباشرة، وأضرار واسعة الانتشار، وبحاجة إلى جهود جماعية لمواجهتها، كما أنها تظهر بشكل عام بسبب التطور الصناعي والاقتصادي (لوزاني، 2021/2020، صفحة 7)، ومن خصائص الضرر البيئي (محمد ا.، 2018، صفحة 43)ما يأتي:

أولا - أن الأضرار البيئية أضرار متراخية ومؤجلة.

في مجال التعويض تبحث عن الضرر المباشر، وهو ذلك الضرر المؤكد وقوعه ولو تراخى إلى المستقبل، أما الأضرار الاحتمالية فهي أضرار افتراضية، ولا تصلح أساسًا للمطالبة بالتعويض عنها (فهمي، 2011، صفحة 67).

أما الضرر البيئي وإن كان يتصل في بدايته بفعل واحد إلا أنّ هذا الفعل لا يمكن الجزم عليه نهائيًا بأنه السبب المباشر في حدوث هذا الضرر، ولأنه ضرر متراخ ومؤجل فمن المتوقع أن تكون هناك مساهمة من العديد من المسببات في إحداث الضرر كالهواء مثلا (لوزاني، 2021/2020، صفحة 41)، وأنّ الضرر البيئي لا يتحقق دفعة واحدة بل إنّ آثاره الضارة لا تظهر في أغلب الأحوال إلا بعد فترات زمنية، ومثال على ذلك التلوث بالإشعاع الذري قد لا تظهر آثاره إلا بالنسبة للأجيال القادمة (سعد، 2007، صفحة 225).

ويظهر الضرر البيئي في كونه ضررا متراخي الحدوث أي الذي يظهر تأثيره بعد فترة بعيدة (امبارك، 2017/2016، صفحة 250)، وإنَّ الضرر البيئي ناتج عن تلوث البيئة قد يكون ضررًا غير مباشر بحيث لا يصيب الإنسان أو الممتلكات مباشرة، مثال على ذلك صعوبة تحديد قيمة الأضرار في التلوث النفطي الذي أصاب الشاطئ ومنع المصطافين من التمتع به (بوعلام، 2022، صفحة 6)، وأنَّ الضرر البيئي قد يكون مصدره في مكان وأثره في مكان آخر، وتتأخر معالمه، وآثاره لا تظهر بشكل فوري ومباشر، ولكن هذا لا يمنع من إمكانية التعويض عنه، إلا أن إعادة التوازن البيئي يعد خير من تعويض الضرر.

ثانياً- أن الأضرار البيئية أضرار غير شخصية.

يوصف الضرر البيئي بالضرر غير الشخصي (لوزاني، 2021/2020، صفحة 46)، وتعكس هذه الخاصية صعوبة التعويض عن الضرر، حيث لا دعوى بدون مصلحة رغم وجود ضرر بيئي (يوسفي و سوالمة، 2022، صفحة 25)، وبالتالي لا يمكن المطالبة بالتعويض عن هذا الضرر البيئي غير المباشر، والضرر البيئي المباشر في هذا المثال هو الضرر الذي تعرضت له التربة أي البنية الأرضية (بكاكرة، 2020، صفحة 23).

أنّ الضرر البيئي يصيب العناصر الطبيعية و يتمتع بالاستقلالية على الرغم من أنه قد يصيب الموارد الواقعة في نطاق الملكية الخاصة، وعليه فالضرر البيئي لا يختلط بالضرر الذي يصيب الأملاك الخاصة لأنه يتجاوزها إلى المصلحة العامة لحماية الطبيعة، التي ليست هي ذاتها المصلحة الخاصة للمالك المتضرر (محمد ح.، 2017، صفحة 88)، وعند الحديث عن الضرر البيئي فإن البيئة هي الضحية بالدرجة الأولى، فهو بهذا التعبير لا يعد ضررًا شخصيًا من الوهلة الأولى، وفي الواقع أن الحقيقة القانونية المسلم بها أن البيئة لا تعد شخصًا قانونيًا والضرر يلحق بالأشخاص والأموال عن طريق المحيط الذي أصابه الضرر (لوزاني، 2021/2020، صفحة 49).

فتبنت أغلب التشريعات دور الجمعيات وهيئات البيئية للتدخل أمام القضاء للمطالبة بتعويض الأضرار البيئية وأعطتها الصفة الشخصية ولو لم يتوفر الضرر الشخصي بمفهومه التقليدي (يوسفي و سوالمة، 2022، صفحة 25).

ثالثاً- أن الأضرار البيئية أضرار شاملة وعابرة للحدود.

تتميز الأضرار البيئية بأنها ذات صيغة شاملة وعابرة للحدود ولها الطابع الانتشاري الذي يجعلها لا تتقيد بحدود جغرافية أو حواجز، وتتعدى مكانها عابرة الكيلو مترات (عبدالمالك، 2021، صفحة 13)، ويكون هناك التلوث عندما يكون مصدره أو أصله خاضعًا أو موجودًا كليا أو جزئيًا في منطقة تخضع للاختصاص الوطني لدولة، وتكون له آثاره في منطقة خاضعة للاختصاص الوطني لدولة أخرى (سلامة، 1997، صفحة 75).

إنّ هذه الأضرار البيئية لا تعرف حدودًا وتمثل مشكلة عالمية أكثر من كونها مشكلة محلية؛ ولذلك يُقال إن التلوث يجهل الحدود (محمد ا.، 2018، صفحة 43).

الطابع الانتشاري للضرر يعد من أهم الأسباب وراء تحرك الدول باسم المصلحة المشتركة من أجل اتخاذ الإجراءات الضرورية للحد من آثار الأضرار البيئية بمقتضي الاتفاقيات والمؤتمرات الدولية (عبدالمالك، 2021، صفحة 14)، ويصعب تعويضه عن طريق المطالبة القضائية بخاصيته غير المباشرة، وطابعه الانتشاري (بكاكرة، 2020، صفحة 21)، وتكتسب مشكلة التلوث البحري بعداً عالميًا بدون ريب إذ لا تنحصر آثاره في منطقة دون أخرى بل تنتشر في كافة أنحاء البحار والمحيطات، وتصل إلى كافة الدول، الصناعية والنامية على حد سواء (الساعدي، 2002، صفحة 7).

رابعاً- أن الأضرار البيئية أضرار تتصف بالعمومية.

يتسم الضرر البيئي بالعمومية، حيث يصيب الكائنات الحية والنباتات والممتلكات، أي يصيب البيئة بعناصرها ومكوناتها (المنياوي، 2007، صفحة 203)، و إنَّ الأضرار تنجم عن ممارسة الأنشطة الخطرة، كإنشاء المحطات الكهربائية والمفاعلات النووية، ويمتد إلى الطبيعة بمكوناتها المختلفة من ماء وهواء، وتنوع بيولوجي (لوزاني، 2021/2020، صفحة 53)، ولذلك نجد أن التلوث ينشأ في دولة وينتقل إلى دولة أخرى؛ نتيجة للعوامل الطبيعية كالرياح والأمطار أو الأنهار التي تمر بأكثر من دولة، ومثال على ذلك انفجار مفاعل تشرنوبل، سنة 1986م في أوكرانيا بالاتحاد السوفيتي سابقاً، والذي أدىّ إلى تلوث إشعاعي في الكثير من مناطق أوروبا الشرقية، بل امتدت آثاره إلى العديد من بلدان العالم (محمد ح.، 2017، صفحة 22).

يصعب تحديد هوية المسؤول عن النشاط الذي أحدث الضرر، كالتلوث في الهواء الجوي، وتلوث مياه البحار والأنهار التي تمر عبر حدود دول متعددة، والذي يحدث أضراراً بالإنسان أو المزروعات أو الثروة الحيوانية والمائية في دولة أخرى (علي، 2020، صفحة 18).

نرى التلوث بالنفايات الإلكترونية في كونها من أنواع التلوث الذي لا يمكن تحديد خطرها مقارنة بالأنواع الأخرى، إضافة إلى أنه بسبب الإنتاج المستمر في أجهزة الحاسب الآلي والاتصالات والألعاب الإلكترونية، فإن الأخطار تتصاعد بنتائجها السلبية على البيئة ومكوناتها وعلى البشر وحياتهم لما تحتوي عليه من مواد خطرة، مثل الفسفور واليورانيوم والرصاص وغيره، فكل منتج إلكتروني جديد يعني إضافة جديدة للأخطار، خاصة أن هذه الأجهزة سرعان ما يتم الاستغناء عنها بأجهزة جديدة دون مواصفات وإمكانيات أكبر وموديلات أكثر تلائما مع ايقاع التطور (حفني، 2018، صفحة 1).

المطلب الثاني: الشروط الواجب تو افرها لقيام المسؤولية عن الضرر البيئي

إن الضرر البيئي مهما اختلفت أنواعه، فإنه مثل الضرر بشكل عام من حيث وجوده ونشأته، ويكون سبباً لقيام المسؤولية المدنية في حق المسؤول (الحلو، 2020، صفحة 102)، الضرر يعد من شروط قيام المسئولية المدنية الأساسية، فتوافر عنصر الخطأ غير كافٍ للرجوع إلى المسئول عن الضرر، بالرغم مما يتمتع به الضرر البيئي من خصوصية معينة، إلا أنه قد يشترك مع شروط الضرر كركن من أركان المسئولية المدنية (علي ا.، صفحة 180). ومن الشروط الواجب توفرها في الضرر البيئي (احواس، 2011، صفحة 32)هي: -

أولاً- أن يكون الضرر البيئي محقق الوقوع.

أي ثابتا بما لا يدع مجالاً للشك في وقوعه، ولا يكون ضررًا احتماليًا (محمد ا.، 2018، صفحة 37)، فقد يكون الضرر المستقبلي فهو ذلك الأذى الذي تحقق سببه، ولكن لم تظهر آثاره كلها أو بعضها، مثال ذلك إصابة عامل بضرر يكون من المحقق أنها تفضي إلى عجزه كلياً أو جزئياً عن العمل في المستقبل (علي ا.، صفحة 181).

فالضرر البيئي متى تحقق فإنه يستوجب التعويض أيًا كانت درجة جسامته، فعدم تحقق الضرر يعد ذلك غير مستوجب المسؤولية، وفي هذه الحالة لا يلزم التعويض عنه وعدم ترتب المسؤولية القانونية عن الفعل (الصرايرة، 2015).

كما أنّ حدوثه مؤكد سواء كان حالا، أي وقع فعلاً، أو كان مستقبلاً، إذا كان وجوده مؤكدا وإن تراخى في وقوعه إلى زمن لاحق، وأنه لا يجوز التعويض عن الضرر المحتمل، وهو الضرر الذي لم يقع ولا يوجد ما يؤكد وقوعه مستقبلاً، كما أنّ تفويت الفرصة للكسب ضرراً محققاً لا محتملا، وهناك أضرار بيئية لا تظهر آثارها دفعة واحدة، وإنما بعد مرور مدة زمنية طويلة، الأمر الذي يعيق توفر الضرر والتعويض عنه كالأضرار النووية، والأضرار الإشعاعية (الصداعي والهواري، 2021، صفحة 39).

ثانياً- أن يكون الضرر البيئي مباشراً.

هو ذلك الضرر المؤكد الذي يتحقق فعلاً، وقد يتراخى إلى المستقبل (المنياوي، 2007، صفحة 202)، وأن تكون المصلحة مباشرة، وأن تأثيرها يقع مباشرة عليه أو على مورثه أو ورثته أو من ينوب عنه بشرط وجود الضرر (فهمي، 2011، صفحة 24)، فالضرر المباشر هو ما كان نتيجة طبيعية للخطأ الذي أحدثه المسئول، أما الضرر غير المباشر فإن المدعى عليه ليس مسئولاً عنها (محمد ا.، 2018، صفحة 38).

الضرر البيئي الواجب التعويض يجب أن يكون أكبر سواء وقع حالاً أو كان محقق الوقوع في المستقبل، ويشترط أن يكون الضرر البيئي ناتجاً وبشكل مباشر عن الفعل الضار الذي ارتكبه الملوث كما أنه لا يثير صعوبة في إثباته (عوض، 2012، صفحة 50).

ثالثاً - أن يكون الضّرر البيئي شخصياً.

يجب أن يكون الضرر شخصيًا من حيث رفع الدعوى أمام الجهات المختصة، وأن يحرك المتضرر الدعوى مباشرة بسبب الضرر الذي لحق به، وقد يصيب الضرر البيئي مؤسسة أو نقابة أو شخصًا اعتباريًا (عوض، 2012، صفحة 53)، ويمس حقوق مركزه المالي أو مصالحة المكتسبة بصفة قانونية ومشروعة، أو أن يؤثر في نفسه، وفي هذه الحالة فإن الحق في التعويض يؤول إلى ذمته المالية التي لحقها الضرر (لوزاني، 2021/2020، صفحة 46).

طبقًا لأحكام القانون المدني فإنّ الأشجار والحيوانات والكائنات الحية وغيرها من الأجناس ليس لها شخصية قانونية تجعلها صاحبة حق، حتى لو افترضنا وجود هذا الحق، فإننا تبعاً لذلك لا نستطيع ممارسته من خلال رفع الدعوى والمطالبة بالحماية القضائية (بالجيلالي، 2017، صفحة 232)، كما أن الشخص المتضرر من التلوث أو التدهور البيئي هو صاحب الحق في إقامة دعوى المطالبة بالتعويض عمّا أصابه من ضرر، نتيجة ذلك التلوث والتدهور البيئي (هياجنه، 2014، صفحة 221).

رابعاً - أن يكون الضرر البيئي أصاب حقاً مكتسباً أو مصلحة مشروعة.

يجب أن يقع الضرر على حق مشروع ومصلحة يحميها القانون كالمساس بعناصر البيئة من ماء أو هواء وتربة، فلا يجوز التعويض عن الضرر غير المشروع أو مصلحة غير مستحقه (احواس، 2011، صفحة 32). فلا يصح أن تكون قواعد المسؤولية المدنية ستارًا لحماية المصالح المستمدة من مراكز غير مشروع (حفني، 2018، صفحة 7).

خامساً - ألَّا يكون الضرر البيئي قد سبق التعويض عنه.

ويُقصد أن الضرر يتم تعويضه مرة واحدة، فمتى حصل على التعويض اللازم فلا يحق له المطالبة مرة أخرى، وذلك لأن الغاية من التعويض هو جبر الضرر الذي لحق بالمضرور وليس إثراء للمتضرر على حساب المسؤول عن الضرر (آل علي، 2022، صفحة 213)، وإذا اختلف سبب الدعوى أو مصدر الضرر أو غايته حيث إنه إذا زاد التعويض عن الضرر أثّر في المسؤول بغير سبب، وأن نقص قيمة التعويض عما لحقه من ضرر أثر في المتضرر (طلبة، 2005، صفحة 168).

ويحق للمضرور المطالبة بتعويض تكميلي في حالة تجزئته المطالبة بالتعويض أو إذا كان الضرر البيئي في طبيعة يستدعي المطالبة عنه في أكثر من دعوى، فلا يعد ذلك تعويضًا ثابتًا عن الضرر نفسه (الفضل، 1996، صفحة 448).

المبحث الثاني: صناديق التعويضات كوسيلة للتعويض عن الضرر البيئي

صناديق التعويضات تعد من ضمن الآليات المكملة لتعويض المضرورين عن التلوث البيئ، فهدفها الرئيسي هو تعويض المتضرر إلى جانب وسائل أخرى لتعويض عن الضرر البيئي، كما تتولى توزيع المخاطر التي تلحق أضرار البيئة (محمد ا.، 2018، صفحة 199). كما إنَّ نظام صناديق التعويضات يعتبر مساعد للمؤسسات الصغيرة والمتوسطة التي لا تستطيع قدراتها المالية أن تغطي ما ينتج عنها من أضرار بيئية، كما يجنب هذه المؤسسات الإفلاس في حالة المسؤولية عن التلوث (رسلان، 2006، صفحة 129).

إنَّ تطور الأضرار البيئية وظهور أغلب هذه الأضرار على شكل كوارث، وجهت النظر إلى التفكير في ضرورة وضع أنظمة خاصة سواء للأسس التي تقوم عليها المسؤولية البيئية أو التعويض الناتج عن هذه الأضرار بما يتماشى مع جسامتها (حكيم، 2006، صفحة 122).

ويمثل هذا الصندوق نظاماً قانونياً يقوم بتعويض الضحايا بطريقة سريعة، وهذه الوسيلة تسمح بأخذ في الاعتبار الأضرار البيئية الصرفة على عكس ما يوفره نظام التأمين الإجباري، يتم إنشاء صناديق التعويضات سواء كان من جهة خاصة وذلك عند الالتزام به إرادياً، ويمثل إذاً غطاء تعاونياً للأخطار التي تمس المجتمع، أو من جهة عامة وذلك بفضل بمساعدة الدول بملغ معين (رسلان، 2006، صفحة 130).

وأنشأت هذه الصناديق تتويجاً للسياسة التي اتبعتها أكثر الدول بصدد ضمان تعويض ضحايا التلوث البيئي، وحددت مسؤولية الملوث على أساس المسؤولية الموضوعية لضمان السداد لهذه التعويضات (سعد، 2007، صفحة 338؛ الحميدي، 2008، صفحة 560).

وسندرس هذا المبحث في مطلبين، في الأول مدى تدخل صناديق التعويضات وأهم المشكلات التي يثيرها، وفي والأخر التشريعات الوطنية ودورها في الأخذ بفكرة صناديق التعويضات.

المطلب الأول: مدى تدخل صناديق التعويضات وأهم المشكلات التي تثيرها

صناديق التعويضات تتمتع بكيان قانوني مستقل وبالشخصية المعنوية، الوضع الذي يمكنها من استقبال المخصصات المالية الممنوحة لها من قبل الدولة والأفراد، كالتبرعات والإسهامات المالية الأخرى الواردة لها من الأشخاص العامة أو الخاصة، فيجب أن تتوافر الشخصية المعنوية من خلال وجود شروط المصلحة العامة والجماعية التي تسعى

إلى تحقيقه، وتكون لها قدرة أقدر تفوق الشخص الطبيعي، ومن جهة أخرى فإن الشخص الاعتباري يكون قابلا الاستمرار على عكس الأفراد (جمال، 2010/2009، صفحة 310).

وستكون دراسة صناديق التعويضات في هذا المطلب من خلال تحديد مدى تدخل صناديق التعويضات في الفرع الاول، ثم بعد ذلك نعرض المشكلات التي تثيرها صناديق التعويضات (قنديل، 2004، صفحة 310)في الفرع الأخر.

الفرع الاول / مدى تدخل صناديق التعويضات.

تعتبر صناديق التعويضات لها دور تكميلي في الحالات التي لا يغطي فيها مبلغ تأمين الإجباري قيمة التعويضات الجابرة للأضرار التي أصابت المضرور، وذلك عندما تتجاوز قيمة الأضرار الناجمة عن النشاط الملوث الحد الأقصى لمبلغ التأمين المحدد في العقد، ففي هذه الحالة تتدخل صناديق التعويضات بهدف تعويض المضرور تعويضا كاملا عندما يكون قد تم تعويضه جزئيا (خليفة، 2019، صفحة 330).

التزام الصندوق بالتعويض ليس مطلقاً، بل التزامه بالتعويض محدد بحالات معينة، وكما جاء في نص المادة الرابعة من اتفاقية الصندوق الدولي للتعويضات " بأن الصندوق يكون مسؤولاً عن التعويض في مواجهة المضرور في حالة عدم حصوله على تعويض مناسب على أساس اتفاقية بروكسل 1969م، أوفي حالة عدم كفاية مسؤولية مالك السفينة لتغطية الأضرار الناشئة عن التلوث (الجازوي، 2022، صفحة 180).

صندوق التعويضات لا يغطي أو لا يعوض الأضرار عن أعمال الحروب أو العدوان أو الحرب الأهلية أو تسرب بترولي أو إلقاء مواد زيتية من سفينة حربية أو من سفينة أخرى مملوكة للدولة ومستغلة بمعرفتها أو مخصصة لها وقت الحادث لخدمة غير تجارية، أو إذا عجز طالب التعويض عن إثبات إن الضرر ناتج عن حادث سببته سفينة أو عدة سفن، أو ثبت أن الفعل قد تسبب نتيجة إهمال أو عمد أو عدم أخذ احتياطات الأمن والسلامة والتي تكون السبب المباشر للضرر (عبد الوهاب، 1994، صفحة 719).

تتدخل صناديق التعويضات في الحالات التي يعجز فيها كل من التأمين والمسؤولية عن تعويض المضرور (قنديل، 2004، صفحة 108). وتؤدي هذه الصناديق دورا مهما في الحالات التي يثار فيها أحد أسباب الإعفاء من المسؤولية، أو أحد أسباب استبعاد عقد التأمين، ففي هاتين الحالتين تتدخل صناديق التعويضات بصفة احتياطية لضمان حق المضرور في التعويض (جمال، 2010/2009، صفحة 312)، كما يلتزم الصندوق بدفع التعويضات إذا كان مالك السفينة غير قادر على الوفاء بالتزاماته كاملة أو أن يتجاوز التعويض مسئوليته التي حددتها الاتفاقية (فهمي، 2011، صفحة 555).

دور الصناديق يختلف من دولة لأخرى، قد يقتصر على تعويض المضرورين و قد يقتصر على تغطية مسؤولية الملوثين، و يمكن يجمع بينهما معا، كما هو الحال مثلا في الصندوق الهولندي، وفي الولايات المتحدة يكون المضرور بالخيار، إما أن يرجع بالتعويض عما أصابه من ضرر مباشرة من الملوث المسؤول عندما يكون خاضعا لنظام الخطأ الواجب الإثبات، أو أن يتجه إلى الصندوق ليحصل منه على تعويض، ولا يشترط للحصول عليه ثبوت خطأ الملوث، ويكون للصندوق أن يرجع على المتسببين في التلوث بما دفعه لهذا المضرور، أما الصندوق الياباني فوظيفته تغطية المسؤولية، إذ تكون المشروعات الصناعية الملوثة معفية من مسؤوليتها بمقدار المبلغ الذي دفعه الصندوق للمضرورين (عبدالرحمن، 2016، صفحة 275).

وتجوز المطالبة من الصندوق بواسطة المالك أو ضامنه في مدة لا تزيد عن ستة أشهر من علمه بالدعوى، على أن تنتهي مدة المطالبة بعد ثلاث سنوات منذ تاريخ وقوع الضرر، ومدة ست سنوات منذ وقوع الحادثة (عبد الوهاب، 1994، صفحة 719).

الفرع الثاني / المشكلات التي تثيرها صناديق التعويضات.

إنَّ صناديق التعويضات وإن كانت تعد بمنزلة ضمانة حقيقية للمتضررين، لكنها بالمقابل تشكل عبئا إضافيا على عاتق الملوثين المحتملين، وذلك أن الملوث إذا كان ما يقدمه كاشتراك في هذه الصناديق أكثر مما سيتحمله كتعويض، سيؤدي إلى التأثير عليه سلبا بخصوص الموازنة بين مصالحه المالية (قنديل، 2004، صفحة 109)، فإن فكرة صناديق التعويضات تطرح بعض المشكلات المهمة خاصة فيما يتعلق بتمويل الصندوق وطريقة إدارته (عبدالرحمن، 2016، صفحة 275)، ونوضح ذلك كالآتي:

أولا- طرق تمويل صناديق التعويضات:

يتكون رأس مال الصندوق من نوعين من الإسهامات، الإسهام الابتدائي وهو الذي يدفع بواسطة الدول الأعضاء في الصندوق ويحسب على أساس كل طن زيت تتسلمها أو تستوردها الدولة المساهمة، والإسهام السنوي وهو ما تدفعه الدول الأعضاء في الصندوق سنوياً (الجازوي، 2022، صفحة 178)، ومن أجل ضمان عدم رعونة المساهمين في الصندوق، يجوز إعطاء الحق في دعوى الرجوع ضد الشخص المخطئ من جهة، وتقدير قيمة المساهمة في الصندوق حسب معايير الوقاية المتبعة من كل مساهم من جهة أخرى (قنديل، 2004، صفحة 112).

ويتم تمويله من خلال الجمعيات أو اتحاد الأشخاص معرضين لخطر التلوث (الفتلاوي، 2004، صفحة 355)، كما تتمثل إرادات الصندوق من إجمالي الرسوم المطبقة على النشاطات الملوثة والخطرة على البيئة، وذلك بحسب نسب التوزيع المبينة في توزيع حصيلة الجباية البيئية لكل رسم، كما تشمل إيرادات الصندوق من الغرامات المفروضة على المخالفات المتعلقة بالتشريع والتنظيم البيئي، وكذلك الهبات والوصايا الوطنية والدولية، والتعويضات الناتجة عن حوادث الأملاك المائية، والقروض الممنوحة للصندوق (محمد ح.، 2017، صفحة 307).

وتعد مسألة تمويل الصندوق من أكثر المسائل أهمية، لأن فعالية دور صناديق الضمان كآلية (خليفة، 2019، صفحة 331) تعويض مكملة لنظام المسؤولية والتأمين الإجباري، يتوقف على وفرة الذمة المالية للصندوق ومدى قدرته على دفع مبالغ التعويض الضخمة التي يستحقها ضحايا الأضرار البيئية.

ويقضي هذا بأن هذه الضمانات قد لا تغطي التعويضات التي يجب أن يدفعها مستغل المنشأة إلى الأشخاص الذين يمكن أن يتعرضوا للضرر نتيجة حدوث تلوث أو وقوع حادث تسبب فيه المنشأة (رسلان، 2006، صفحة 134)، إضافة إلى ذلك هناك إشكالية أخرى تتعلق بمدى إمكانية تعويض الأضرار التي يكون مصدرها سابق على إنشاء هذه الصناديق (لوزاني، 2021/2020، صفحة 106).

ثانياً - إدارة صناديق التعويضات:

إنَّ صناديق التعويضات تتعلق بنشاط مهني معين قد تعهد إدارتها إلى أحد أشخاص القانون الخاص وليس على الدولة ذاتها، فهذا النوع من الصناديق يفترض وجود تضامن بين الممارسين لأنشطة مهنية لضمان تعويض المضرورين من جراء هذه النشطة، وبالتالي يتم تمويله عن طريق ضريبة تفرض على الممارسين لتلك الأنشطة، ويتم تحديدها وفقاً لحجم وطبيعة النشاط (عبد الرحمن، 2016، صفحة 278).

والصناديق الخاصة تتدخل في حالة الكوارث البيئية الغير ضخمة، أما الصناديق العامة فإن إدارتها تعهد للدولة وتتدخل في حالات الكوارث البيئية التي ترتب أضرار ضخمة (الحميدي، 2008، صفحة 656).

وبسبب عدم قدرة الصناديق الخاصة على تلبية الأضرار الناجمة عن التلوث يظهر دور الدولة في تلك الصناديق وخاصة في التلوث التي تكون أثاره كبيرة جداً بحيث لا يجدي معها إلا اللجوء للحكومات بوصفها المؤمن النهائي فهي الممثل الاقتصادي الوحيد القادر على معالجة حدود سوق التأمين وتتمتع سلطة التحكم في الأنشطة الضارة بالبيئة (فهمي،

2011، صفحة 553). ويكون من الصعب على الصناديق الخاصة تحمل الأضرار الناتجة الكوارث، وخصوصاً إنَّ مبالغ التعويض تتعدى الملايين بل في بعض الأحيان المليارات، ولتحقيق الحماية أكثر تحدد الصناديق الخاصة حداً أقصى تتحمله، وما يزيد عن ذلك تتحمله الدولة، أو تتدخل الدولة مباشرة مقابل قسط تدفعه الصناديق الخاصة (قنديل، 2004، صفحة 110).

إنَّ التزام الدولة بالتعويض يتأسس على فكرة التضامن الاجتماعي لا المسؤولية، وإن القضاء الفرنسي لم يتردد في تأسيس واجب الدولة بتوفير التعويض المناسب في هذه الحالات، وأساس هذه القاعدة مساواة المواطنين أمام الأعباء العمومية (شهيدة، 2007، صفحة 398).

إنَّ صناديق التعويضات تلعب دور لا يستهان به في توفير قيمة التعويض في حالة الاستحقاق، ولضمان استمرار يجب أن تكون له خطط تنموية وآليات تمويله عن طريق أقساط دورية تخصم من المشتركين، وتوفير له مكان مناسب وإدارة رشيدة تحافظ عليه وتضمن استمراره حتى يستطيع تغطية الأضرار البيئية في المستقبل.

المطلب الثاني: التشريعات الوطنية والمقارنة ودورها في الأخذ بفكرة صناديق التعويضات

ما يميز صناديق التعويضات هو استقلالها عن قواعد المسؤولية المدنية، حيث إنها لا تهدف إلى ضمان هذه الأخيرة، وإنما تهدف إلى تغطية الأضرار التي تمس المصالح الجماعية وهو نوع من التضامن.

اتجهت العديد من الدول إلى إنشاء صناديق التعويض الخاصة بأضرار التلوث، وتبنته العديد من الاتفاقيات الدولية وأهمها اتفاقية بروكسل لسنة 1969م، والتي نصت على إنشاء الصندوق الدولي لتعويض أضرار التلوث البيئي (عبدالرحمن، 2016، صفحة 279)، عليه سندرس هذا المطلب في فرعين، التشريعات الوطنية والمقارنة ودورها في الأخذ بفكرة صناديق التعويضات الفرع الأول، وصناديق التعويضات في المعاهدات والاتفاقيات الدولية الفرع الأخر (احواس، 2011، صفحة 287).

الفرع الأول / التشريعات الوطنية والمقارنة ودورها في الأخذ بفكرة صناديق التعويضات.

تناولت بعض التشريعات المقارنة موضوع صناديق التعويضات عن الأضرار البيئية، وذلك لإيجاد ضمان أخر يضاف لضمانات تعويض المتضرر جراء التلوث البيئي. إنَّ إنشاء صناديق التعويض في الأنظمة التشريعية يعد من التقنيات الملائمة ولتفادي العديد من المشاكل العلمية ومن أهمها ما تطرحه مسألة إفلاس المسؤول عن التلوث من صعوبات، وهي من الآليات المكملة لنظام التأمين الذي يضع حدا أقصى للتعويض عن طريق تحديد المسؤولية (عبدالرحمن، 2016، صفحة 283).

أخذ المشرع الفرنسي بفكرة صناديق التعويضات، وقد أنشأ الصيادون صندوقا لإصلاح الأضرار التي تلحق الصيد بالمحاصيل سنة 1969م، كما أنشأوا صندوقا لتعويض ضحايا الحوادث المرورية من الأضرار التي تلحق بالأشخاص عندما يكون المسؤول عن وقوعها غير معروف أو غير مؤمن عليه أو إذا كان الضامن مفلساً جزئياً أو كلياً (فهمي، 2011، صفحة 551).

تضمن المشرع السويسري فكرة صناديق التعويضات وقد أنشأ الصندوق التعويضات الأول بمقتضى أحكام المادتين(18،19) من التشريع الصادر في 1959/12/23م، حيث أطلق عليه أسم صندوق الأضرار الذرية الآجلة (عبد العال، 2008، صفحة 452)، ويتم تمويل صندوق التعويضات السويسري من حصص مالية يختص المكتب الفيدرالي للطاقة بتحديد قيمتها وجبايتها من مستغلى المفاعلات والمنشآت النووية وحائزي تراخيص نقل المواد النووية، وتحدد حصة عن كل قيمة مرة واحدة سنوياً بالنسبة لمستغلي المفاعلات والمنشآت النووية، وبمناسبة كل عملية على حدة في حالات النقل، وذلك في إطار نسبة مئوية محددة من قيمة التأمين ضد هذه المسؤولية (عبد العال، 2008، صفحة 453).

أما المشرع المصري فقد تناول فكرة إنشاء صندوق الحماية البيئية من خلال نص المادة (14) من قانون البيئة المصري لعام 1994م حيث أنه " ينشأ بجهاز حماية البيئة صندوق خاص يسمى صندوق حماية البيئة، وإن الصندوق يمول من خلال موازنة الدولة لدعم الصندوق، ويعتمد أيضاً على الإعانات والهبات والغرامات والتعويضات التي يحكم بها، كما يضم لها موارد صندوق المحميات المنصوص عليها في قانون المحميات رقم (102) لسنة 1983م.

بالإضافة إلى ذلك فقد نصت المادة السابعة من اللائحة التنفيذية لهذا القانون على إضافة بعض الموارد وأهمها: -

- ما يخص جهاز شؤون البيئة من نسبة الـ 25% من حصيلة الرسوم المقررة على تذاكر السفر التي تصدر في مصر بالعملة المصرية، وبحد أدنى 12.5% من إجمالي هذه الرسوم تنفيذاً للقانون رقم 5 لسنة 1986م.
- عائد المشروعات التجريبية التي يقوم بها الجهاز.
- مقابل ما يؤديه الجهاز من خدمات للغير بأجر.
- رسوم التراخيص التي يصدرها الجهاز.

لم يحدد قانون حماية البيئة المصري آلية صرف هذه المبالغ المخصصة للصندوق وما هي الأغراض المفترض صرف عليها، فلم يتضمن إلا جملة عامة وهي بقوله (تخصص موارد الصندوق للصرف منها في تحقيق أغراضه).

لم نجد في القانون الليبي نصاً يخص فكرة إنشاء صناديق التعويضات عن الأضرار البيئية، عامة كانت أم خاصة، وإن القانون رقم (15) لسنة 2003م، لم يتضمن نصاً يتعلق بفكرة الصناديق التعويضات أو حتى التأمين الإجباري وإنما احتوى على مجموعة من الغرامات والعقوبات المالية، توقع على المسؤول عن الضرر وأهمل الطرف المتضرر، وكيف يمكن ضمان تعويضه.

المشرع الليبي بذل جهده في مواقع عدة لحماية البيئة البحرية من التلوث، حيث جاء في القانون رقم (8) سنة 1973م، بشأن منع تلوث مياه البحر بالزيت، وتضمن هذا القانون القواعد الواردة في اتفاقية لندن سنة 1954م وتعديلاتها، فقد احتوى على مجموعة من النصوص التجريمية لأفعال عدة تشكل مساساً بالبيئة البحرية وتعرضها للتلوث بالمواد الزيتية (الهريش، 2007، صفحة 249).

أما في الجزائر فقد أنشأ المشرع الجزائري صندوق للتعويضات، الصندوق للبيئة و إزالة التلوث، وقد أنشأ بموجب قانون المالية لسنة 1992م والذي تم تحديد كيفية عمله خلال المرسوم التنفيذي 98-147 الذي عدل بدوره و تم إعادة تسميته بالصندوق الوطني للبيئة وإزالة التلوث، وتتمثل إيرادات هذا الصندوق في مجمل الرسوم المطبقة على النشاطات الملوثة و الخطرة على البيئة، ويكون ذلك بحسب نسب التوزيع المبينة في توزيع حصيلة الجباية البيئية بالنسبة لكل رسم، وكذلك الإرادات و التعويضات و الهبات والوصايا، ويتولى الصندوق تحويل المنشآت القائمة نحو التكنولوجيات النظيفة تماشياً مع مبدأ الحيطة و الوقاية، ويتولى أيضاً الإنفاق على عمليات مراقبة حالة البيئة، أو الجمعيات ذات المنفعة العامة، وقام بتمويل عمليات تشجيع مشاريع الاستثمار المدمجة للتكنولوجيات النظيفة والدعم لتمويل العمليات المشتركة للمنشآت من اجل إزالة التلوث، والمنفذة بواسطة مقاولين عموميين و خواص (محمد ح.، 2017، صفحة 308).

كما أن قانون حماية البيئة الأردني بمقتضى أحكام المادة (17) من القانون رقم (52) لسنة 2006م، قد أنشأ صندوق حماية البيئة الأردني، حيث أنَّ نص المادة الثالثة منه على " أنه ينشأ في الوزارة صندوق خاص يسمى "صندوق حماية البيئة"، ويهدف للإنفاق منه على حماية البيئة والمحافظة على عناصرها ودعم تنفيذ المشاريع والنشاطات التي تسهم في تحسين الوضع البيئي والتنمية المستدامة في المملكة وتحقيق الأولويات البيئية الوطنية (فهمي، 2011، صفحة 554).

الفرع الثاني / صناديق التعويضات في المعاهدات الاتفاقيات الدولية.

قامت الاتفاقيات بدور كبير في تطوير صناديق التعويضات وزادت في تطور المجتمع الدولي في ضل التوسع الاقتصادي والصناعي، وأوضحت أن للتلوث خطورة وآثارا يستوجب معها للتحرك لحماية البيئة والمحافظة على حقوق الأجيال القادمة وتحقيق التنمية المستدامة.

جاء في العديد من الاتفاقيات و المعاهدات الدولية فكرة صناديق التعويضات عن الأضرار البيئية، مثل الاتفاقية الدولية المتعلقة بإنشاء صندوق دولي للتعويض عن الضرر التلوث بالنفط لعام 1971م، حيث دعا مؤتمر بروكسل الخاص بالمسؤولية المدنية الناشئة عن أضرار التلوث بالنفط لعام 1969م. المنظمة البحرية الدولية إلى عقد مؤتمر ثان لإعداد اتفاقية دولية خاصة متعلقة بإنشاء صندوق دولي للتعويض عن الضرر الناتج عن التلوث بالنفط، وقد انعقد المؤتمر خلال الفترة الممتدة من 29 نوفمبر إلي 18 ديسمبر لعام 1971مم، وتمخض عنه توقيع الاتفاقية الدولية الخاصة بإنشاء صندوق دولي للتعويض عن الضرر الناجم عن التلوث بالنفط، ودخلت هذه الاتفاقية في حيز النفاذ في 16نوفمبر لعام 1978م (علي د.، 2023/2022، صفحة 165).

فقد اشترطت معاهدة 1969م أن تكون السفينة المتسببة في الحادث مسجلة في إحدى الدول المتعاقدة أو ترفع علم الدولة حتي يتم التعويض من الصندوق، أما بالنسبة لمعاهدة 1971م قد أخذت في اعتبارها لإمكان تطبيقها محل تسجيل السفينة أو العلم الذي ترفعه، فنصت على أنه يشترط لكي يتحمل الصندوق جزءاً من العبء المالي لمسؤولية ملاك السفينة و ضامنهم، و أن يقع ضرر التلوث على إقليم إحدى الدول الأطراف في المعاهدة 1969م، بما في ذلك بحرها الإقليمي بواسطة سفينة مسجلة في إحدى الدول الأطراف في معاهدة 1971م، وبالتالي في معاهدة 1969م أو ترفع علم هذه الدولة، يبين أن معاهدة 1971م تشترط لتدخل الصندوق المنشأ بواسطتها وللتخفيف عن جزء من العبء المادي لمسؤولية مالك السفينة أن تحمل هذه السفينة جنسية إحدى الدول الأطراف فيها أو على الأقل ترفع علمها، أما فيما يتعلق بتدخله لتعويض المضرورين فلا يلتفت إلى جنسية السفينة أو العلم الذي ترفعه (احمد م.، 2000، صفحة 328).

أدخلت الاتفاقية فكرة تحديد المسؤولية، ويحق لمالك السفينة تحديد مسؤوليته بدفع قيمة وقدرها (2000) فرنك لكل طن من حمولة السفينة وللحادثة الواحدة (أي ما يعادل 60 دولار أمريكياً)، ولا يتجاوز الحدة الأقصى للمسؤولية (210) مليون فرنك (أي ما يعادل 17 مليون دولار أمريكي) بأية حال من الأحوال (المادة 1/5 من الاتفاقية) (الساعدي، 2002، صفحة 190). طريقة تمويله حيث نصت المادة الرابعة على تفاوت نسب تمويل هذا الصندوق من قبل الأعضاء، وذلك حسب كمية الطاقة النووية التي تمتلكها المنشاة التابعة لها بالإضافة إلى ما تقدمه هذه الدول من حصص لدى منظمة الامم المتحدة.

إن أغلب الاتفاقيات والمعاهدات دولية تهتم بمكافحة التلوث البحري، فقد صادقت الجزائر على هذه الصناديق في الاتفاقية الدولية المتعلقة بإنشاء صندوق دولي للتعويض عن الأضرار الناجمة عن التلوث بالمحروقات بموجب أمر رقم (74- 55)، وذلك باعتبار الجزائر إحدى دول أعضاء منظمة الأوبيك المصدرة للنفط، وسواحلها معرضة لكوارث وحوادث بحرية قد تكون خطيرة على السلامة البحرية والبيئة البحرية في مجموعها (جمال، 2010/2009، صفحة 317).

إن اتفاق توفالوب (Tova lop) يعد صورة مثالية لتأمين التبادلي فهو يتضمن اتفاق بين مالكي ناقلات البترول على دفع تعويضات للمتضررين من أخطار التلوث البترولي، ويقضى هذا الاتفاق بدفع تعويضات للأشخاص والحكومات التي تكبدت خسائر بسبب التلوث الناتج عن الخطر البترولي والأشخاص الذين اتخذوا تدابير وقائية لتقليل ذلك التلوث، وكذلك تعويض المصاريف التي أنفقها الأشخاص من أجل إزالة التهديد بإفراغ الزيت في مياه البحر (سعد، 2007، صفحة 332).

وقد امتد هذا الاتفاق ليغطي المصروفات الخاصة التي يتكبدها العضو نفسه من أجل تدارك وقوع الحادث أو من أجل التقليل من حجم الضرر، وقد التزم واضعو هذا الاتفاق بوضع مقدار التعويض بحد أقصى 250 مليون فرنك عن الحادث، وفي سنة 1972م أنشأت بيئة تسمى بيئة التأمين التبادلية والتي قامت بوضع نظاماً تبادلياً أو تعاونياً لتغطية خطر هذه الأضرار وكذلك مصاريف مكافحة أو تنظيف التلوث، وقد اعتمد هذا الاتفاق نظام المسئولية الموضوعية أسوة باتفاقية بروكسل.

ويرى الباحث أنَّ نظام صندوق التعويضات له دور إيجابي في تخفيف الحمل على المشكلات الخاصة بالمسؤولية المدنية، فكثرة التشريعات البيئية والمعاهدات والاتفاقيات تجعل المجال خصب في إصدار القوانين والتشريعات الخاصة بالبيئة والتلوث وكذلك حماية المضرورين وخلق نوع من التعويض.

الخاتمة:

إنَّ آثار تلوث البيئة اشتدت وظهرت نتيجة التقدم الصناعي الهائل، ولطبيعة الضرر البيئي والذي يكون على فترات متفاوتة، وخلال حقبة من الزمن، فيضيع حق المضرور في المطالبة بالتعويض وعدم مقدرته على إثبات الضرر الذي أوقعه عليه وتسبب له في أضرار، وإن كانت غالبية الأضرار تكون غير مباشرة، وتظهر خلال فترة زمنية طويلة، وأوضحنا أنها أضرار متدرجة ومتراخية، ولها طابع انتشاري.

ونظراً لخصوصية الضرر وشروطه وما يتصف به من عمومية وعدم تحديد، خُلق نوع من المسؤولية على الفاعل حتى يحد من المساس بالبيئة والإنسان وخلق نوع من التوازن، فجاءت المسؤولية الموضوعية فكانت ترتكز على الضرر كأساس للمسؤولية والتعويض عنها.

إنَّ ما ينتج عن المسؤولية هو التعويض والوسائل الحديثة وصناديق التعويضات، وقد أدت الاتفاقيات والمعاهدات دورا بارزا في تحديد آلية التمويل، ودعم هذه وصناديق التعويضات والمسار الصحيح الذي يجب أن تسير عليه في كيفية جبر الضرر، وتوفير الضمانات اللازمة لتعويض المضرور. إنَّ ما يحصل من معاهدات واتفاقيات يتيح أمام المضرور من التلوث إمكانية المطالبة بالتعويض، في الحالات التي لا يستطيع فيها المضرور الحصول على تعويض، وإن قيام الرابطة السببية بين الفعل والضرر يتطلب فترة من الزمن، وإن أضرار التلوث لا تقف عند حد مكان وقوع الحادث بل تتعداه إلى مسافات بعيدة قد يتعذر فيها إسناد التلوث إلى مصدره الأصلي.

النتائج:

1- التلوث كان السبب في تغيير خصائص البيئة وتدمير مواردها، وتولد عنه ضرر لحق كلا من البيئة والإنسان.

2- إن الضرر البيئي لا يتحقق دفعة واحدة ولا يستقر في مكان واحد، وإنما يتحقق بشكل تدريجي، قد يحدث في دولة، وتجد أضرارا في دولة أخرى، وإنَّ الضرر هو الذي ينبعث منها التفكير في المسؤولية، وتحديد المسار في مواجهته للحصول على التعويض الجابر للضرر.

3- انفردت الدول الكبرى بإصدار القوانين والتشريعات بما يتماشى مع المعاملات التجارية والقانونية وخلق نوع من الحماية.

4- بالرغم من ظهور آليات وطرق تعويض حديثة، وهي درء المخاطر وصناديق التعويضات إلا أنَّ المشرع الليبي لم ينص عليها صراحةً أو ضمناً في نصوص قانون حماية وتحسين البيئة رقم (15) لسنة2003م.

التوصيات:

1- يوصى الباحث المشرع الليبي بتعديل نصوص قانون حماية البيئة، على الأقل أن يعدل بعض نصوصه في القانون المدني تماشياً مع البيئة والمحافظة عليها، وخلق نوع من التعويض المجزئ للمضرور.

2- ونوصي بإنشاء الجمعيات وإعطاء الحق لهذه الجمعيات العاملة في مجال البيئة أن تكون صاحبة صفة الادعاء، دون أن تكون هذه المسئولية مجرد التبليغ أو التشجيع إسوة بالمشرع الجزائري.

3- يجب ألا ننسى تفعيل دور الإعلام ونشر الوعي في مجال البيئية في مختلف الوسائل مثل الندوات والمطويات، وعقد المؤتمرات بشأن البيئة وإجراء البحوث القانونية والعلمية، إلى جانب دراسة مادة تشريعات البيئة في المرحلة الجامعية والعليا.

4- دعم صناديق التعويضات في حالات التعويض عن البيئة المتضررة.

5- أن تكون الدولة هي الداعم الأول للبيئة ومسؤولة عن التعويض بما يراعى فيه المصلحة العامة ومصلحة البيئة بصفة خاصة، ودعم شركات التأمين الإجباري، وكذلك صناديق التعويضات.

شكروتقدير

الشكر والتقدير إلى كلية العلوم جامعة سرت على إتاحة الفرصة للمشاركة في هذا المؤتمر العلمي القيم والذي يعود أثره على البيئة والتنمية المستدامة.

المصادروالمراجع

ابتهال زيد علي. (بلا تاريخ). التعويض عن الضرر البيئي. *كلية العلوم السياسية*.

ابراهيم صالح الصرايرة. (28 6, 2015). مدى كفاية القواعد العامة في التعويض عن الضرر البيئي في القانون المدني الاردني. *جامعة السلطان قابوس مجلة الاداب و الغلوم*.

ابن منظور.. *لسان العرب* (المجلد الاول). دار لسان العرب.

احمد عبدالتواب محمد. (2008). *المسئولية المدنية عن الفعل الضار بالبيئة* (المجلد الثانية). الاسكندرية: دار النهضة العربية.

احمد عبدالكريم سلامة. (1997). *دراسة تأصيلية في الأنظمة الوطنية والاتفاقية* (المجلد الاولى). السعودية: دار النشر العلمي والمطابع جامعة الملك سعود.

احمد محمود سعد. (2007). *استقراء لقواعد المسؤولية المدنية في المنازعات التلوث البيئي* (المجلد الثانية). القاهرة: دار النهضة العربية.

اسماعيل امحمد محمد. (2018). *فكرة الضرر في قانون البيئة* (المجلد بدون طبعة). الاسكندرية: دار الجامعة الجديدة.

انور سلطان. (2002). *مصادر الالتزام في القانون المدني الاردني* (المجلد الاولي). عمان: الجامعة الاردنية.

انور طلبة. (2005). *المسئولية المدنية* (المجلد الاولى). الاردن: المكتب الجامعي الحديث.

بن سليمان عبدالمالك. (2021). المسؤولية الدولية عن الاضرار البيئية. *رسالة ماجستير جامعة بن باديس مستغانم*.

بوزيد بوعلام. (2022). القانون والبيئة. *القانون والبيئة*، (صفحة 6). مصر جامعة طنطا.

بوفلجة عبدالرحمن. (2016). المسئولية المدنية عن الاضرار البيئية ودور التأمين. *رسالة دكتوراه جامعة ابوبكر بلقائد*.

حسين عامر، و عبدالرحيم عامر. (1979). *المسؤولية المدنية التقصيرية والعقدية*. الاسكندرية: دار المعارف.

حمد معتوق آل علي. (30 10, 2022). مفهوم الضرر البيئي وفقاً لتشريع الاماراتي. *مجلة متخصصة في اتلدراسات والبحوث القانونية- مجلة علمية محكمة*.

حميداني محمد. (2017). *المسؤولية المدنية البيئية*. الاسكندرية: دار الجامعة الجديدة.

خالد بالجيلالي. (2017). المسئولية الموضوعية الناشئة عن مضار الجوار غير المألوفة. (جامعة تيارت العدد الثامن، المحرر) *مجلة البحوث العلمية في التشريعات البيئية*.

خالد مصطفي فهمي. (2011). *الجوانب القانونية لحماية البيئة من التلوث* (المجلد الأولى). الاسكندرية: دار الفكر الجماهيري.

خديجة الحلو. (2020). *المسؤولية المدنية البيئية*. مصر: مجموعة ثري فريندز المجموعة العلمية للنشر والتوزيع.

دريد محمود السامرائي. (2004). *الوجيز في النظرية العامة للألتزام* (المجلد الاولى). مصراته: دار ومكتبة الشعب.

دعاء غيث علي. (2023/2022). الآليات الدولية لحماية البيئة البحرية من التلوث. *رسالة ماجستير قسم الدولي العام كلية القانون جامعة سرت*.

سالمة فرج الجازوي. (2022). *المسؤولية المدنية عن تلوث البيئة البحرية بالزيت الناشئ عن السفن(دراسة مقارنة)* (المجلد الاولى). بنغازي ليبيا: دار الفضيل للنشر والتوزيع.

سعيد السيد قنديل. (2004). *آليات تعويض الأضرار البيئية(دراسة في ضوء الأنظمة والاتفاقيات الدولية)*. الاسكندرية: دار الجامعة الجديدة.

شتوي حكيم. (2006). *مبدأ الاحتياط في المسؤولية المدنية عن الأضرار البيئية*. الاسكندرية: دار الجامعة الجديدة.

صابرين يوسفي، و عبدالرؤوف سوالمة. (2022). آليات التعويض عن الاضرار البيئية في التشريع الجزائري. *رسالة ماجستير جامعو التبسي*.

طارق ابراهيم الدسوقي. (2008). *الأمن البيئي (النظام القانوني لحماية البيئة)*. مصر: دار الجامعة الجديدة.

عاشور عبدالرحمن احمد. (بلا تاريخ). مدى إعمال قواعد المسئولية المدنية في مجال تلوث البيئة(دراسة مقارنة). *كلية الشريعة والقانون جامعة الازهر*.

عباس هشام الساعدي. (2002). *حماية البيئة البحرية من التلوث (مشكلة التلوث العربي)*. الاسكندرية: دار المطبوعات الجامعية.

عبدالرزاق أحمد السنهوري. (2004). *الوسيط في شرح القانون المدني*. الاسكندرية: منشأة المعارف.

عبدالسلام بكاكرة. (2020). تعويض الأضرار البيئية في التشريع الجزائري. *رسالة ماجستير جامعة العربي بن مهدي أم البواقي*.

عبدالسلام بلعيد خليفة. (2019). الحماية القانونية للبيئة الزراعية. *دراسة مقارنة بين القانون المصري و الليبي رسالة دكتوراة جامعة عين شمس*.

عبدالسلام عبدالجليل الصداعي، و شعبان محمود الهواري. (ديسمبر, 2021). الحماية القانونية للبيئة ودورها في تحقيق التنمية المستدامة. تأليف جامعة خليج السدرة (المحرر)، *المؤتمر الدولي الثاني*. اسطنبول: منشورات جامعة خليج السدرة.

عبدالناصر زياد هياجنه. (2014). *القانون البيئي(النظرية العامة للقانون البيئي مع شرح التشريعات البيئية* (المجلد الثانية). عمان: دار الثقافة.

عبدالوهاب محمد عبدالوهاب. (1994). المسؤولية عن الأضرار الناتجة عن تلوث البيئة. *رسالة دكتوراه جامعة القاهرة فرع الخرطوم*.

علواني امبارك. (2017/2016). المسئولية الدولية عن حماية البيئة. *رسالة دكتوراه*.

علي محمد الفتلاوي. (2004). مسؤولية المنتج المدنية عن الأضرار البيئية، في ضوء أحكام الفعل الضار. *رسالة دكتوراه جامعة الدول العربية*.

فتحي عبدالرحيم عبدالله. (2001). *النظرية العامة للألتزام* (المجلد الثالثة). الاسكندرية: منشأة المعارف.

فرج صالح الهريش. (2007). *جرائم تلويث البيئة دراسة مقارنة* (المجلد الثانية). بنغازي: دار الكتب الوطنية.

قادة شهيدة. (2007). *المسؤولية المدنية للمنتج*. الاسكندرية: دار الجامعة الجديدة.

ليندة لوزاني. (2021/2020). الضرر البيئي الخالص في القانون المقارن. *رسالة دكتوراه*.

محمد البدوي الازهري. (2013). *النظرية العامة للألتزام*. بنغازي: دار الكتب القانونية.

محمد السيد احمد. (2000). *المسؤولية المدنية عن أضرار التلوث البحري بالزيت*. الاسكندرية: دار المطبوعات الجامعية.

محمد حسين عبد العال. (2008). *النظام القانوني للمسؤولية المدنية في المجال النووي دراسة تحليلية مقارنة*. القاهرة: دار النهظة العربية.

محمد صبري السعدي. (بلا تاريخ). *النظرية العامة للألتزامات*. القاهرة: دار الكتاب الحد\يث.

محمد عبدالله الحميدي. (2008). *المسؤولية المدنية الناشئة عن تلوث البيئة البحرية والطرق القانونية لحمايتها* (المجلد الاولى). مصر: دار الجامعة الجديدة.

مصباح عبدالله احواس. (2011). أساس وطرق التعويض عن الاضرار البيئية. *رسالة دكتوراه جامعة عين شمس*.

مصطفى عبدالحميد عياد. (1990). *المصادر اللأرادية للألتزام في القانون المدني*. بنغازي: منشورات جامعة قاريونس.

منذر الفضل. (1996). *النظرية العامة للالتزامات دراسة مقارنة بين الفقه الاسلامي والقوانين الوضعية*. عمان: دار الثقافة للنشر.

نبيلة إسماعيل رسلان. (2006). *المسئولية المدنية عن الأضرار البيئية* (المجلد الأولى). الاسكندرية: دار الجامعة الجديدة.

واعلي جمال. (2010/2009). الحماية القانونية للبيئة البحرية من أخطار التلوث. *رسالة دكتوراه جامعة ابي بكر بلقائد*.

وائل محمد علي. (2020). المسئولية المدنية عن اضرار التلوث البحري القضاء الذي ينظرها والقانون الذي يحكمها. *رسالة دكتوراة جامعة صنعاء*.

وليد ابراهيم حفني. (24/23 4, 2018). المسئولية المدنية الموضوعية عن اضرار التلوث بالنفايات الاكترونية. *بحث مقدم للمؤتمر العلمي الخامس المنعقد بكلية الحقوق جامعة طنطا*.

وليد عايد عوض. (2012). المسئولية المدنية الناشئة عن تلوث البيئة. *رسالة ماجستير جامعة الشرق الاوسط*.

ياسر محمد المنياوي. (2007). *المسئولية المدنية الناشئة عن تلوث البيئة*. مصر: دار الجامعة الجديدة.

Compensation funds as a means of modern compensation for environmental damage

[1] Misbah Abdullah Ahwas and [2] Ahmed Mohammed Ahwas

[1] Department of Private Law, Faculty of Law, University of Sirte, Libya
[2] Department of Private Law, Faculty of Law, University of Sirte, Libya

Abstract

The environment consists of several elements, namely soil, water, and air. As a result of the pollution of these elements and the alteration of their properties, environmental damage has emerged. This study clarifies the nature of environmental damage. The characteristics of the damage and the conditions that must be met are outlined in the first section. The second section examines compensation funds as a means of compensating for environmental damage. Compensation funds are a modern method of compensation for environmental damage. They were developed as a result of industrial and economic development, the large number of environmental damages, and the inability to cover compensation. Compensation funds are a form of assistance in preserving the environment. Demonstrating the role of compensation funds in facilitating the difficulties faced by victims in obtaining effective and prompt compensation, the study clarifies the extent of the intervention of compensation funds and the problems they can raise in terms of their funding and management, the obligation of states to collect premiums to support them, and finally the role of national legislation and international agreements and treaties in adopting them as a compensation mechanism.

Keywords: Environment; pollution; damage; compensation; compensation funds.

The First Scientific Conference of the Faculty of Science – Sirte University
Environmental Pollution and Challenges of Environmental Sustainability (EPESC), Oct.14, 2025

تأثير المياه السوداء على جودة إنتاج محطات التناضح العكسي في مدينة طبرق

أحمد عبد السلام عوض محمد [1]، عبد الله أبوبكر طيب عبد الله [1]، محمد عبد الهادي السنوسي الهين[1]، رزق الله عبد الله يونس مصباح [1]، سالم محمد عبد العالي محمود [2]

[1]قسم الموارد الطبيعية - كلية الموارد الطبيعية وعلوم البيئة - جامعة طبرق، ليبيا
[2]مركز البحوث الزراعية والحيوانية – ليبيا
Corresponding Author Email: ahmedalshahen@tu.edu.ly

Article History:

Received: 25 March 2025

Revised: 26 May 2025

Published: 15 November 2025

الكلمات المفتاحية:
التحلية بالتناضح العكسي (RO)؛ التحليل الميكروبيولوجي؛ الخصائص الفيزيائية والكيميائية؛ جودة مياه الشرب

ملخص البحث: تمثل هذه الدراسة تقييماً لجودة مياه الشرب المنتجة من محطات التحلية بالتناضح العكسي (RO) داخل المجمعات السكنية في منطقة الدراسة (طبرق - ليبيا)، والتي يبلغ عددها خمس محطات موزعة ضمن حدود المدينة خلال موسمي الشتاء والصيف لعامي 2022-2023. وقد هدفت الدراسة إلى تحديد مدى صلاحية هذه المياه للشرب استنادًا إلى المواصفة الليبية لمياه الشرب رقم (82) لسنة 1992 ومعايير منظمة الصحة العالمية (WHO). أظهرت النتائج أن معظم الخصائص الفيزيائية والكيميائية كانت ضمن الحدود المسموح بها، حيث تأثرت درجة الحرارة بالتغيرات الموسمية لكنها بقيت ضمن القيم المقبولة. كما كشفت النتائج عن وجود فروق موسمية واضحة إذا كانت معظم القيم أقل خلال فصل الشتاء مقارنة بالصيف. وقد أظهرت المحطات (2،3،4) في الشتاء قراءات ضمن المدى المسموح بها من حيث التوصيلية الكهربائية، المواد الصلبة الذائبة الكلية، العسرة الكلية، الصوديوم، البوتاسيوم، الكالسيوم، والمغنيسيوم، رغم الانخفاض الملحوظ في المواد الصلبة الذائبة الكلية مقارنة بالحدود القصوى الموصي بها والتفاوت البسيط بين المحطات، كانت مستويات الرقم الهيدروجيني، الفوسفات، والأمونيا ضمن الحدود الآمنة لمياه الشرب في جميع المحطات.

أما التحليل الميكروبيولوجي فقد أظهر وجود تلوث ملحوظ في المحطة رقم (1) في فصل الصيف، وكذلك في المحطتين (2،5) خلال فصلي الصيف والشتاء، وأشارت نتائج

التحاليل الكيميائية للمعادن الثقيلة، مثل الحديد والمنغنيز، إلى أن جميع المحطات كانت ضمن الحدود الآمنة لمياه الشرب.

خلصت الدراسة إلى أن المياه المنتجة من محطات التحلية بالتناضح العكسي في طبرق آمنة بشكل عام للشرب وفقًا للمعايير المحلية والدولية، مع وجود بعض المشكلات المحدودة في بعض المحطات، وأوصت الدراسة بضرورة تعزيز البنية التحتية لمحطات RO من خلال إدخال تقنيات حديثة لتحسين عمليات التشغيل والتنقية لضمان جودة المياه.

12. المقدمة

تعاني العديد من الدول العربية من ندرة شديدة في مياه الشرب العذبة، مما يدفعها إلى البحث عن مصادر بديلة مثل تحلية مياه البحر، ومعالجة مياه الصرف الصحي، وخلط المياه المالحة بمياه ذات جودة عالية (FAO, 2005)، وقد برزت تحلية المياه المالحة كحل حيوي لأزمة المياه العالمية، خاصة في الدول العربية التي تعاني من شح المياه العذبة، مثل ليبيا (عباس، 2017)، من أجل تحقيق التنمية المستدامة التي تُعالج تحديات ندرة المياه (الموارد المائية في الوطن العربي، 2000-2025)، وعلى الرغم من أن ليبيا تعتمد بشكل رئيسي على مصادر المياه الجوفية في جنوب البلاد، والتي تمثل حوالي 97% من إجمالي إمدادات المياه، إلا أن مشكلة ندرة المياه ما زالت قائمة في بعض المناطق الشمالية (متخطري والهنداوي، قيد النشر). يعيش أكثر من 81.3% من سكان ليبيا في الشريط الساحلي، مع تفاوت في احتياجات المياه، حيث تحتاج المناطق الحضرية إلى حوالي 400 لتر يومياً، في حين لا تتجاوز احتياجات المناطق الريفية 150 لتراً فقط، وأظهرت دراسة مسعود وآخرون أن الآبار W1 و W7 و W10 خالية من البكتيريا، وتقع في مناطق بعيدة عن مصادر التلوث، وأن جودة المياه بعد المعالجة أصبحت مقبولة وصالحة للاستخدام (الباروني، 1997)، وتعد إدارة الموارد المائية المتكاملة حلاً استراتيجياً لمواجهة ندرة المياه، وهي ضرورية لتحقيق التنمية المستدامة وتلبية الاحتياجات المتنوعة لإمدادات المياه. ومع ذلك، تواجه الأحواض الساحلية في ليبيا تحديات كبيرة مثل النضوب وتدهور الجودة نتيجة لتداخل مياه البحر، مما يبرز الحاجة إلى استراتيجيات فعالة للإدارة (متخطري والهنداوي، قيد النشر)، وفي ظل أزمة المياه التي تعاني منها منطقة الدراسة (مدينة طبرق - شرق ليبيا)، انتشرت في الآونة الأخيرة محطات التناضح العكسي داخل الأحياء السكنية لتوفير المياه وسد العجز، كما تدخل القطاع الخاص بإنشاء محطات مياه شرب تعتمد على تقنية التناضح العكسي، نظراً لأن الوضع الحالي لمحطة تحلية مياه البحر الرئيسية في مدينة طبرق لا يغطي سوى أقل من ثلث احتياجات المدينة من مياه الشرب (FAO, 2005)، تهدف هذه الدراسة إلى تقييم جودة مياه الشرب المنتجة من محطات التحلية بالتناضح العكسي المنتشرة في أحياء مدينة طبرق خلال موسمي الشتاء والصيف، من خلال تحليل الخصائص الفيزيائية والكيميائية والميكرو بيولوجية، ومقارنتها بالمواصفة الليبية ومعايير منظمة الصحة العالمية، وذلك لتحديد مدى مطابقتها لمواصفات مياه الشرب. كما تسعى الدراسة إلى التحقق مما إذا كانت هذه المحطات تعمل بكامل مراحل التشغيل أو تم الاستغناء عن بعض المراحل لأسباب اقتصادية، مع تقديم توصيات لتحسين كفاءة التشغيل وجودة المياه.

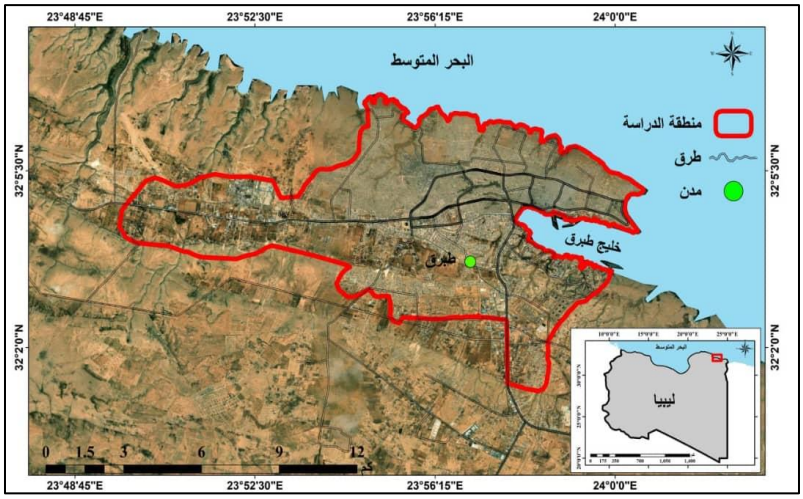
7. المواد وطرق البحث:

الوصف العام لمنطقة الدراسة:

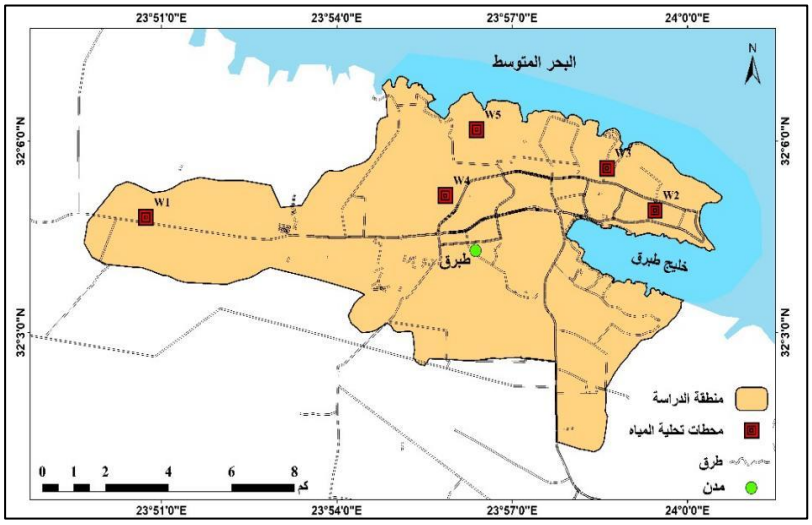
الموقع:

تقع مدينة طبرق في شمال شرق ليبيا، ويحدها من الشمال البحر الأبيض المتوسط. ومن الناحية الجغرافية، تقع بين خطي طول 23°00'05" شرقاً، وخطي عرض 32°05'00" شمالاً، كما هو موضح في الشكل (1)، وتعد طبرق مدينة ساحلية ذات طابع جغرافي وتاريخي مميز، إذ تقع على بعد 1400 كيلومتر شرق العاصمة طرابلس. كما تعد مدينة طبرق منطقة

حدودية مع جمهورية مصر العربية، مما يزيد من الحاجة إلى المياه نتيجة وجود عدد كبير من العمالة الوافدة، ووفقاً لإحصائيات هيئة التعداد السكاني لعام 2022، بلغ عدد سكان مدينة طبرق حوالي 202,174 نسمة. ويتميز مناخ المنطقة بكونه شبه صحراوي، إلا أنه يتأثر بالمناخ المتوسطي المجاور (حار وجاف في الصيف، ودافئ وماطر في الشتاء)، مما ينعكس على درجات الحرارة، حيث بلغ متوسط درجة الحرارة حوالي 31° مئوية خلال فصل الصيف، بينما بلغ في فصل الشتاء حوالي 15° مئوية.



الشكل (1): الموقع الجغرافي لمنطقة الدراسة.



الشكل (2): مواقع المحطات في منطقة الدراسة.

الجدول (1)البيانات الجغرافية لمواقع المحطات في منطقة الدراسة

رقم البئر	خط الطول	دائرة العرض	الارتفاع عن سطح البحر (متر)	العمق (متر)

88	78	"32.07968N	"23.84628E	1
16	14	"32.08255N	"23.99023E	2
27	22	"32.09332N	"23.97713E	3
61	49	"32.08558N	"23.93101E	4
34	29	"32.10338N	"23.10338E	5

8. الجانب العملي:

يتضمن هذا الجانب عدة خطوات مهمة تبدأ بجمع العينات خلال موسمي الشتاء والصيف، وذلك من خلال جمع عينات المياه من آبار محطات التحلية بالتناضح العكسي قبل وبعد عملية التحلية، والبالغ عددها 5 محطات، لإجراء التحاليل الفيزيائية والكيميائية والميكروبية، مع تكرار كل عينة ثلاث مرات قبل وبعد التحلية. وقد تم تحديد مواقع أخذ العينات باستخدام جهاز تحديد المواقع (GPS) وتم تمثيلها على الخريطة كما هو موضح في الشكل (2). تم نقل العينات إلى المختبر بهدف إجراء الفحوصات الميكروبية في زجاجات معقمة وخلال أقل من ساعتين. كما تم إجراء التحاليل الفيزيائية والكيميائية لعينات المياه في منطقة الدراسة، ومقارنة نتائجها بالمواصفات القياسية الليبية لمياه الشرب رقم (82) لسنة (1992)، وكذلك بمواصفات منظمة الصحة العالمية، وذلك لتحديد مدى صلاحيتها للشرب (APHA, 1995).

طرق التحاليل الفيزيائية والكيميائية والميكروبية

تم قياس الأس الهيدروجيني (pH) والأملاح الذائبة الكلية (TDS)والإيصالية الكهربائية (EC): باستخدام أجهزة قياس الرقمية مباشرة بعد اخذ العينات. وتم تحليل عينات المياه التي تم جمعها ميدانياً في المختبر عن الأيونات الرئيسية (Fe, Ca, Hcl,Mn - NH4, PO4 ،Mg++ ،Na+ ،K+ ،HCO3 ،SO4 ،Cl ،NO3)، باستخدام الطرق القياسية كما اقترحتها جمعية الصحة العامة الأمريكية (APHA, 1995).

التحليل الميكروبي:

تم تقدير العدد الكلي للبكتيريا باستخدام طريقة الأطباق المصبوبة Pouring Plate Methodلتقدير الحمل الميكروبي باستعمال بيئة Violet Red Bile Agar وبيئة Violet Red Bile Glucose Agar وبيئة Tryptone Bile Glucuronic التحضين عند درجتي حرارة 37 - 42 درجة مئوية.

التحليل الاحصائي

اعتمدت الدراسة على أسلوب التحليل الاحصائي الوصفي لتحليل بياناته المتعلقة بالدراسة، تم استخدام التحليل بالبرنامج الإحصائي SPSS27 من خلال استخدام بعض الأساليب الرياضية والاحصائية مثل المتوسطات الحسابية (أعلى قيمة، أقل قيمة، المتوسط العام) وتمثيلها بيانياً بواسطة برنامج Microsoft Office Excel، وقد استخدم اختبار (T. Test) لإجراء المقارنة الإحصائية لكل عنصر بين الآبار في فصل الصيف والآبار في فصل الشتاء لمناطق الدراسة، كما استخدم اختبار برنامج One Way ANOVA للمقارنة الإحصائية لكل عنصر بين الفصلين عند مستوى فرق معنوي أقل من 5%.

9. النتائج والمناقشة:

درجة الحرارة: (Temperature)

تعد درجة الحرارة من الخصائص المهمة للمياه، حيث تلعب دورًا أساسيًا في التفاعلات الكيميائية وذوبان المعادن. فارتفاع درجات الحرارة يزيد من قدرة المياه على إذابة الأملاح والمعادن، مما يؤدي إلى تغيّر في التركيب الكيميائي للمياه. كما أن درجات الحرارة المرتفعة تنشّط النشاط الميكروبي، الأمر الذي قد يؤثر على جودة المياه (Sullivan et al., 2020)، ووفقًا للبيانات الواردة في الجدول (2)، تم تسجيل أعلى درجة حرارة خلال فصل الصيف حيث بلغت 30.1°م في المحطة رقم (2)، بينما تم تسجيل أدنى درجة حرارة خلال فصل الشتاء وبلغت 20.4°م في المحطة رقم (3)، بمتوسط عام قدره 25.2°م.
ويُعزى سبب التفاوت في درجات حرارة المياه إلى التغيرات الموسمية، حيث ترتفع الحرارة في الفصول الحارة وتنخفض في الفصول الباردة، وتُعد هذه التغيرات طبيعية. وعلى الرغم من أن المواصفات القياسية الليبية ومنظمة الصحة العالمية (WHO)لم تحدد قيماً إرشادية لدرجة حرارة مياه الشرب، إلا أنه يُفضل أن تكون المياه باردة وليست دافئة.

الأوكسجين الذائب:(DO)

استنادًا إلى البيانات الموضحة في الجدول رقم (2)، تم تسجيل أعلى قيمة للأوكسجين الذائب خلال فصل الصيف في المحطة رقم (1)، وبلغت 7.4 ملغم/لتر، في حين تم تسجيل أدنى قيمة خلال فصل الصيف في المحطة رقم (3) وبلغت 6.6 ملغم/لتر، بمتوسط قدره حوالي 7ملغم/لتر، يُعد وجود الأوكسجين الذائب في المياه ضروريًا لعمليات التحلل البيولوجي للمواد العضوية، كما يُساهم في منع تكوّن المنتجات الضارة بالبيئة مثل المركّبات السامة والروائح الكريهة، بالإضافة إلى أن نقصه يؤدي إلى زيادة نشاط الكائنات الحية الدقيقة اللاهوائية، مما قد يُسبب تدهورًا إضافيًا في جودة المياه (Fadaee et al., 2020).

الرقم الهيدروجيني: (pH)

تشير النتائج إلى أن أعلى وأدنى القيم سجلت خلال فصل الشتاء في المحطتين رقم (2 و1) على التوالي، حيث تراوحت بين (6.4 - 6.8)، بمتوسط عام قدره (6.6)، كما هو موضح في الجدول رقم (2). تقع جميع نتائج الدراسة ضمن النطاق المسموح به لمياه الشرب وفقًا للمواصفات القياسية الليبية ومنظمة الصحة العالمية، ولا يعد الرقم الهيدروجيني عاملًا يؤثر بشكل مباشر على صحة المستهلك، إلا أنه يُعد من أهم المؤشرات التي تُستخدم لتحديد جودة المياه. ويُعتبر النطاق الموصي به بين 6.5 و8.5 ضروريًا لضمان جودة وسلامة مياه الشرب (WHO, 2017).

الأملاح الذائبة الكلية: (TDS)

استنادًا إلى البيانات الواردة في الجدول رقم (2)، يتضح أن هناك اختلافات بين المحطات المدروسة في فصلي الشتاء والصيف، حيث تم تسجيل أعلى قيمة للمجموع الكلي للأملاح الذائبة في فصل الصيف بمقدار 611 ملغ/لتر في المحطة رقم (1) وسجلت اقل قيمة في المحطة رقم (3) بمقدار 48 ملغ/لتر في فصل الشتاء، وكان المتوسط العام (329.5) ملغ/لتر، وبمقارنة النتائج مع المواصفات القياسية الليبية ومعايير منظمة الصحة العالمية، التي حددت القيمة المسموح بها لمياه الشرب بمقدار 1000 ملغ/لتر، يتضح أن كل من المحطات (2، 3، 4) في فصل الشتاء بعد عملية التحلية، والمحطتين (3 و4) في فصل الصيف بعد عملية التحلية، لم تتجاوز الحدود المسموح بها ويمكن تفسير اختلاف قيم المجموع الكلي للأملاح الذائبة من خلال الاختلاف في محطات التحلية من حيث جودة الأجهزة، والكفاءة في نوعية المياه الخام التي تستخدمها وتتعامل معها بالإضافة إلى عوامل أخرى قد تختلف في نوعية المياه، مثل: طبيعة المرشحات المستخدمة في المحطات والصهاريج الناقلة والخزانات والأنابيب التي تباع بواسطتها تلك المياه .

التوصيلية الكهربائية:(EC)

أظهرت النتائج فرقًا كبيرا في قيم التوصيلية الكهربائية كما هو موضح في الجدول (2)، حيث تم تسجيل أعلى قيمة في فصل الصيف وأدنى قيم في فصل الشتاء في المحطتين رقم (1و3) على التوالي، حيث كانت القيم (917، 72) ميكرو-سيمنز/سم، مع متوسط عام قدره 494.5 ميكرو-سيمنز/سم. وبمقارنة النتائج مع مواصفات منظمة الصحة العالمية، التي تحدد أقصى تركيز مسموح به للأملاح الذائبة في مياه الشرب بـ 2300 ميكرو-سيمنز/سم، تُعتبر نتائج جميع المحطات مناسبة للشرب في كلا الفصلين، التوصيلية الكهربائية ترتبط ارتباطًا وثيقًا بالملوحة والمجموع الكلي للأملاح الذائبة.

العسرة الكلية: (T.H)

من البيانات الموضحة في الجدول (2)، تم تسجيل أعلى قيمة في فصل الصيف وأدنى قيمة في فصل الشتاء في المحطتين (1و3) على التوالي، حيث كانت القيم (210 و20) ملغ/لتر، وكان المتوسط العام للصلابة الكلية 115 ملغ/لتر. وبمقارنة النتائج مع المواصفات القياسية الليبية ومعايير منظمة الصحة العالمية، التي حددت الحدود المسموح بها لمياه الشرب 500 ملغ /لتر، فإن جميع المحطات في كلا الفصلين كانت ضمن الحدود المسموح بها للاستهلاك.

القاعدية :(Alkalinity)

القاعدية هي مقياس لقدرة المياه على تعديل الحموضة الناتجة عن وجود أيونات الكربونات، البيكربونات، والهيدروكسيد. استنادًا إلى البيانات المسجلة في الجدول (2)، لوحظت اختلافات في معدلات القاعدية، حيث تم تسجيل أعلى قيمة في فصل الصيف وأدنى قيمة في فصل الشتاء في المحطتين رقم (1و3)، حيث كانت القيم (57.83، 3.8) ملغ/لتر على التوالي، وكان المتوسط العام 30.8 ملغ/لتر، ويتضح مما سبق أن جميع المحطات في كل من الفصلين تندرج ضمن الحدود المسموح بها لأغراض الشرب.

جدول (2) التحليل الفيزيائية والكيميائية لمياه المحطات في منطقة الدراسة خلال فصلي الصيف والشتاء بعد عملية التحلية

No	العمق	الارتفاع عن سطح البحر	T		DO		pH		TDS		EC		T.H		ALK	
Unit	M	M	C		mg/l		.		mg/l		µS/cm		mg/l		mg/l	
			الشتاء	الصيف	الشتاء	الصيف	الشتاء	الصيف	الشتاء	الصيف	الشتاء	الصيف	الشتاء	الصيف	الشتاء	الصيف
1	88	78	21.7	24.1	6.7	7.4	46.	6.6	437 a	611 a	652 a	917 a	163	210	34.7	57.83
2	16	14	21.4	30.1	7.2	7.0	6.8	76.	77 b	122 b	115 b	183 b	24	38	6.1	21.10
3	27	22	20.4	26.5	7.4	6.6	6.5	6.6	48 b	87 b	72 b	130 b	20	48	3.8	18.50
4	61	49	22.2	25.5	6.7	6.7	6.6	6.6	58 b	65 b	87 b	103 b	22	24	4.6	17.10
5	34	29	22.8	24.8	7.0	6.9	6.7	6.7	324 a	365 a	483 a	548 a	119	153	25.7	39.37
Min			20.4	24.1	6.7	6.6	6.5	6.6	48	65	72	103	20	38	3.8	17.10
Max			22.8	30.1	7.4	7.4	6.8	6.8	437	611	652	917	163	210	34.7	57.83
Lib 1992			-				8.5 - 6.5		1000		-		500		-	
WHO 1984					14.6 - 7.5		8.5 - 6.5		1000		2300		-		200 - 170	
Unit					mg/l		-		mg/l		µS/cm		mg/l		mg/l	

*النتائج المتبوعة بنفس الحرف أو الحروف داخل كل عمود لا تختلف معنويا فيما بينها طبقاً لاختبار أقل فرق معنوي المعدل عند مستوى 5 %. النتائج في جميع الأعمدة تمثل متوسط عدد ثلاث مكررات لعينات المياه.

الصوديوم:(Na)

تشير النتائج الموضحة في الجدول (3) إلى أن أعلى قيمة تم تسجيلها كانت في فصل الصيف في المحطة رقم (1) بمقدار 78 ملغ/لتر، بينما تم تسجيل أدنى قيمة في فصل الشتاء في المحطة رقم (3) بمقدار 8 ملغ/لتر، وكان المتوسط العام 43 ملغ/لتر، يعتبر قياس تركيز الصوديوم من أهم العوامل المستخدمة لتحديد جودة وصلاحية المياه (2018) Abdalmula et al.وبمقارنة النتائج مع المواصفات القياسية الليبية ومعايير منظمة الصحة العالمية، التي حددت النطاق

المسموح به لمياه الشرب بـ 200 ملغ/لتر، نجد أن جميع المحطات تقع ضمن الحدود المسموح بها لمياه الشرب وفقا للمواصفات القياسية الليبية ومعايير منظمة الصحة العالمية.

البوتاسيوم:(K)

تظهر البيانات في الجدول (3) أن أعلى قيمة تم تسجيلها كانت في فصل الشتاء في المحطة رقم (1) بمقدار 9 ملغ/لتر، بينما تم تسجيل أدنى قيمة في فصل الصيف في المحطة رقم (4) بمقدار 0.9 ملغ/لتر، وكان المتوسط العام 4.95 ملغ/لتر، يعد البوتاسيوم العنصر السابع من حيث تواجده في المياه الطبيعية، حيث يكون تركيزه منخفضًا في معظم مياه الشرب، وقد يصل إلى 20 ملغ/لتر فقط، بينما يصل إلى أكثر من 100 ملغ/لتر في مياه البحر، وبمقارنة النتائج مع مواصفات منظمة الصحة العالمية، التي حددت التركيز المسموح به للبوتاسيوم في مياه الشرب بـ 20 ملغ/لتر، ومقارنة النتائج مع المواصفات القياسية الليبية التي حددت النطاق المسموح به لمياه الشرب بـ40 ملغ/لتر، يتضح أن مياه جميع المحطات تقع ضمن الحدود المسموح بها لمياه الشرب.

الكالسيوم:(Ca)

أظهرت النتائج في الجدول (3) أن أعلى قيمة للكالسيوم تم تسجيلها في فصل الصيف في المحطة رقم (1) بمقدار 65 ملغ/لتر، بينما تم تسجيل أدنى قيمة في فصل الشتاء في المحطة رقم (3) بمقدار 6.9 ملغ/لتر يوكان المتوسط العام 35.95 ملغ/لتر، يعد الكالسيوم أحد العناصر الرئيسية التي تشكل صلابة المياه، وله تأثير على استخدام المياه للأغراض المنزلية. وعند مقارنة النتائج مع مواصفات منظمة الصحة العالمية، والمواصفات القياسية الليبية التي تحدد التركيز المسموح به لمياه الشرب بـ200 ملغ/لتر، نجد أن مياه جميع المحطات تقع ضمن النطاق المسموح به لمياه الشرب.

المغنيسيوم:(Mg)

تظهر النتائج المسجلة في الجدول (3) أن أعلى وأدنى قيم لتركيز المغنيسيوم خلال فصلي الصيف والشتاء في المحطتين رقم (1و3) على التوالي بلغت (15.4 و0.5) ملغ/لتر، وكان المتوسط العام 7.95 ملغ/لتر، أيون المغنيسيوم هو أحد أكثر العناصر القلوية شيوعًا في المياه، ويتميز بقدرته العالية على الذوبان في المياه، وهو مشابه لأيون الكالسيوم. وتعتبر المياه التي يتجاوز فيها تركيز المغنيسيوم 125 ملغ/لتر غير صالحة للشرب، ولها تأثير على صحة الإنسان، خاصة على الأمعاء (WHO, 2017).

الأمونيا:(NH_4)

تلعب الأمونيا دورًا مهمًا في تقييم جودة مياه الشرب، حيث تشير التركيزات العالية إلى وجود تلوث قد يؤثر على الصحة العامة، مما يتطلب مراقبة دقيقة في أنظمة معالجة المياه، تظهر النتائج المسجلة في الجدول (3) أن أعلى قيمة للأمونيا تم تسجيلها في فصل الصيف في المحطة رقم (2) بمقدار (0.05) ملغ/لتر، بينما تم تسجيل أدنى قيمة للأمونيا في فصل الشتاء في كل من المحطة رقم (1،3،4) بمقدار 0.0 ملغ/لتر، وبمقارنة النتائج مع المواصفات القياسية لمنظمة الصحة العالمية، التي حددت الحد المسموح به للأمونيا في مياه الشرب بمقدار 0.5 ملغ/لتر، نجد أن جميع المحطات تتفاوت في قيم الأمونيا، ولكن معظمها تقع ضمن الحدود المسموح بها وفقًا للمواصفات القياسية الليبية.

جدول (3) نتائج قيم الصوديوم والبوتاسيوم والكالسيوم والماغنيسيوم والامونيا للمحطات في فصل الشتاء والصيف بعد عملية التحلية

NH_4		Mg		Ca		K		Na		الارتفاع عن سطح البحر	العمق	No
mg/l		mg/l		mg/l		mg/l		mg/l		M	M	Unit
الصيف	الشاء	الصيف	الشتاء	الصيف	الشاء	الصيف	الشاء	الصيف	الشاء			
10.0	0.0	15.4	15	65	48	6.9	9	78	55	78	88	1
50.0	0.1	3.2	1.2	13.8	7.9	1.8	2.8	18.9	12	14	16	2
0.01	0.0	2.1	0.5	9	6.9	1.1	3	14.7	8	22	27	3
0.01	0.0	1.8	0.8	7.4	7	0.9	1.2	11	9	49	61	4
0.03	0.1	13.1	8	41	33	4.8	3	51	43	29	34	5
0.01	.00	1.8	.50	7.4	6.9	0.9	1.2	11	8	Min		
0.05	.10	.415	15	65	48	.96	9	78	55	Max		
0.5		150		200		40		200		Lib 1992		
1.5		50		200		20		200		WHO 1984		
mg/l		mg/l		mg/l		mg/l		mg/l		Unit		

* النتائج في جميع الأعمدة تمثل متوسط عدد ثلاث مكررات لعينات المياه.

الكبريتات:(SO_4)

من النتائج المسجلة في الجدول (4)، تم تسجيل أعلى وادني قيمة للكبريتات في فصل الصيف بحيث كانت أعلي قيمة في المحطة رقم (1) بمعدل 116.0 ملغ/لتر، بينما سجلت أدنى قيمة في المحطة رقم (4) بمعدل 13.0 ملغ/لتر، وكان المتوسط العام 64.5 ملغ/لتر، وعند مقارنة النتائج مع مواصفات منظمة الصحة العالمية والمواصفات القياسية الليبية التي حددت القيمة المسموح بها لمياه الشرب بـ 400 ملغ/لتر، يتضح أن مياه جميع المحطات تتوافق مع مواصفات منظمة الصحة العالمية والمواصفات القياسية الليبية لمياه الشرب.

الكلوريد:(Cl)

تشير النتائج المسجلة في الجدول (4) إلى أن أعلى تركيز للكلوريد تم تسجيله في فصل الصيف في المحطة رقم (1) بمعدل 177 ملغ/لتر، بينما كانت أدنى قيمة في فصل الشتاء في المحطة رقم (3) بمعدل 9 ملغ/لتر، وكان المتوسط العام 93 ملغ/لتر، يعد الكلوريد أحد الأيونات السالبة المهمة الموجودة في المياه الطبيعية ويمنح المياه طعما مالحًا، خاصة إذا كان مرتبطًا بأيونات الصوديوم، وعند مقارنة النتائج مع مواصفات منظمة الصحة العالمية والمواصفات القياسية الليبية، التي حددت تركيز الكلوريد المسموح به في مياه الشرب بـ 250 ملغ/لتر، يتضح أن تركيز الكلوريد في مياه جميع المحطات يقع ضمن النطاق المسموح به.

الفوسفات:(PO4)

تظهر النتائج كما هو موضح في الجدول (4) أن أعلى قيمة لتركيز الفوسفات تم تسجيلها في فصل الصيف في المحطة رقم (5) حيث بلغت 0.063ملغ/لتر، بينما تم تسجيل أدنى قيمة في فصل الشتاء في المحطات رقم (2و3و4) بمقدار 0.000ملغ/لتر، وكان المتوسط العام 0.0315ملغ/لتر. إلا أن الإرشادات الصادرة عن مجموعة الدول الأوروبية في عام 1992 أوصت بأن الحد المسموح به لتركيز الفوسفات في مياه الشرب هو 0.4 ملغ/لتر. وبناءً على ذلك تقع مياه جميع المحطات ضمن الحدود المسموح بها لمياه الشرب.

النترات:(NO_3)

النترات هي مركبات كيميائية تحتوي على أيونات النترات، وتعتبر من الملوثات الشائعة في مياه الشرب. يمكن أن تنشأ النترات من عدة مصادر، مثل الأسمدة الزراعية، مياه الصرف الصحي، والتلوث الصناعيRosen and Rainey (2012)، ومن خلال النتائج المسجلة في الجدول (4)، تبين أن أعلى قيمة للنترات خلال فصل الشتاء كانت في المحطة رقم (5) بمعدل 15 ملغ/لتر، بينما تم تسجيل أدنى قيمة في المحطة رقم (4) خلال فصل الصيف أيضًا بمعدل0.3 وكان المتوسط العام 7.65ملغ/لتر، وعند مقارنة النتائج مع مواصفات منظمة الصحة العالمية التي حددت النطاق المسموح به لتركيز النترات في مياه الشرب بـ 45 ملغ/لتر، نجد أن مياه جميع المحطات تقع ضمن الحدود المسموح بها لمياه الشرب، أشارت دراسة بحثية إلى أن زيادة تركيز النترات في مياه الشرب يسبب الاختناق للأطفال بسبب تأثير النترات على قدرة الدم على نقل الأوكسجين، وأن وجود النترات يؤثر بشكل كبير على تدهور جودة المياه Abdalmula et al (2018).

البيكربونات:(HCO_3)

تظهر النتائج في الجدول (4) أن أعلى وأدنى تركيز للبيكربونات خلال فصل الشتاء في المحطتين رقم (1و4) على التوالي بمعدل (105، 2.1) ملغ/لتر، وكان المتوسط العام 53.55ملغ/لتر، وعند مقارنة النتائج مع مواصفات منظمة الصحة العالمية، التي حددت القيمة المسموح بها لمياه الشرب بـ 200 ملغ/لتر، نجد أن مياه جميع المحطات تقع ضمن الحدود المسموح بها لمياه الشرب، تؤثر وجود الكربونات والبيكربونات في المياه على درجة الصلابة. تشير دراسة إلى أن زيادة تركيز البيكربونات في مياه الشرب يساعد في استقرار الرقم الهيدروجيني ويحسن الطعم بينما يؤدي نقصها إلى زيادة الحموضة، مما قد يسبب تآكل الأنابيب وتلوث المياه بالمعادن الثقيلة Omran and Zayed (2021).

جدول (4) نتائج قيم كبريتات وكلوريد والفوسفات والنترات وبيكربونات للمحطات في فصل الشتاء والصيف بعد عملية التحلية.

*النتائج في جميع الأعمدة تمثل متوسط عدد ثلاث مكررات لعينات المياه

No	العمق	الارتفاع عن سطح البحر	So_4		Cl		Po_4		No_3		Hco_3	
Unit	M	M	mg/l		mg/l		mg/l		mg/l		mg/l	
			الشتاء	الصيف	الشتاء	الصيف	الشتاء	الصيف	الشتاء	الصيف	الشتاء	الصيف
1	88	78	108	116.0	85	177	0.001	0.030	10	3.9	105	65
2	16	14	21	29.7	15	39.6	0.000	0.060	2	0.5	20	10.9
3	27	22	35	15.0	9	31	0.000	0.040	0.04	0.4	7	8
4	61	49	37	13.0	11	19	0.000	0.030	0.10	0.3	2.1	15
5	34	29	81	79.0	71	131	0.004	0.063	15	2.1	37	21.4
Min			21	13	9	19	0.00	.0300	0.04	0.3	2.1	7
Max			108	.0116	85	177	0.004	.0600	15	.93	105	65
Lib 1992			400		250		-		45		-	
WHO 1984			400		250		0.4		45		200	
Unit			mg/l		mg/l		mg/l		mg/l		mg/l	

الحديد:(Fe)

تظهر النتائج في الجدول (5) أن أعلى قيمة تم تسجيلها لتركيز الحديد خلال فصل الشتاء كانت في المحطة رقم (2) بمقدار 0.05 ملغ/لتر، بينما تم تسجيل أدنى قيمة خلال فصل الصيف في المحطة رقم (4) بمقدار 0.00 ملغ/لتر، وكان

المتوسط العام طوال العام 0.025 ملغ/لتر، وبعد المقارنة مع المواصفات القياسية الليبية ومنظمة الصحة العالمية، التي حددت النطاق المسموح به لتركيز الحديد في مياه الشرب بـ 0.3 ملغ/لتر، تشير نتائج هذه الدراسة إلى أن مياه جميع المحطات تقع ضمن المواصفات القياسية لمنظمة الصحة العالمية والمواصفات القياسية الليبية لمياه الشرب ذكرت دراسة أن وجود الحديد بتركيزات عالية يمكن أن يسبب طعمًا معدنيًا غير مستحب في المياه، مما يقلل من قبول الإنسان لاستهلاك هذه المياه(Rosen and Rainey (2012.

المنجنيز: (Mn)

تظهر النتائج المسجلة في الجدول (5)، ان أعلى قيمة للمنجنيز خلال فصل الشتاء في المحطة رقم (1) بمقدار 0.09 مليجرام/لتر، في حين سجلت أقل قيمة لتركيز المنجنيز خلال فصلي الشتاء والصيف في المحطات (3، 4) بمقدار 0.00 ملغ/لتر، وكان المتوسط العام 0.045 ملغ/لتر، بعد المقارنة مع المواصفات القياسية الليبية ومواصفات منظمة الصحة العالمية التي حددت المدى المسموح به للمنجنيز في مياه الشرب 0.1 ملغ/لتر، يتضح ان جميع مياه المحطات ضمن مواصفات المنظمة الصحة العالمية والمواصفات القياسية الليبية لمياه الشرب.

جدول (5) نتائج قيم الحديد والمنجنيز للمحطات في فصل الشتاء والصيف بعد التحلية

No	العمق	الارتفاع عن سطح البحر	Fe		Mn	
Unit	M	M	mg/l		mg/l	
			الشتاء	الصيف	الشتاء	الصيف
1	88	78	0.04	0.02	0.09	0.02
2	16	14	0.05	0.01	0.05	0.01
3	27	22	0.03	0.00	0.00	0.00
4	61	49	0.03	10.0	0.00	0.00
5	34	29	0.01	0.02	0.07	0.02
Min			0.01	0.00	0.00	0.00
Max			.050	.020	0.09	.020
Lib 1992			0.3		0.1	
WHO 1984			0.3		0.1	
Unit			mg/l		mg/l	

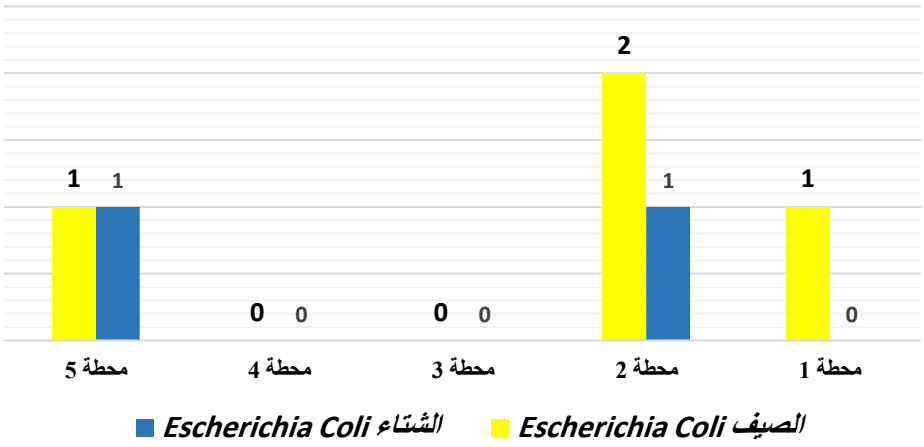
*النتائج في جميع الأعمدة تمثل متوسط عدد ثلاث مكررات لعينات المياه.

التحليل الميكروبي

تُبيّن نتائج جدول (6) وجود تلوث ميكروبي في بعض مواقع الدراسة، حيث تم رصد بكتيريا E. coli خلال فصل الصيف في المحطة رقم (1)، بينما سُجِّل وجودها في كل من فصلي الصيف والشتاء في المحطتين رقم (2) و(5). في المقابل أظهرت التحاليل خلو المياه من هذا التلوث في المحطتين رقم (3) و(4)، مما يدل على نقاوتها. ويُحتمل أن يعود سبب هذا التلوث إلى عدة عوامل، من أبرزها: قرب الآبار السوداء من مصادر المياه الجوفية، تصريف مياه الصرف الصحي في المناطق المجاورة، أو غياب أنظمة التعقيم الفعّالة مثل وحدات الأوزون والأشعة فوق البنفسجية في بعض محطات المعالجة. Pujari and Lal(2011)

جدول (6) نتائج التحاليل الميكروبية للمحطات في فصلي الشتاء والصيف بعد التحلية

No	العمق	الارتفاع عن سطح البحر	*Escherichia Coli*	
Unit	M	M	الشتاء	الصيف
1	88	78	Ve-	+Ve
2	16	14	+Ve	+Ve+
3	27	22	Ve-	Ve-
4	61	49	Ve-	Ve-
5	34	29	+Ve	+Ve



* -Ve = 0 (لا يوجد تلوث) ، +Ve = 1 (تلوث بسيط) ، ++Ve = 2 (تلوث متوسط)

الشكل (3) الرسم البياني لنتائج التحاليل الميكروبية للمحطات في فصلي الشتاء والصيف بعد التحلية

التحليل الاحصائي:

تم إجراء تحليل إحصائي للخصائص الفيزيائية والكيميائية لنتائج مياه خمس محطات بعد عملية التحلية خلال فصلي الشتاء والصيف باستخدام اختبار T-Test للمقارنات الزوجية واختبار One-Way ANOVA لتحليل التباين بين المحطات، حيث أظهرت النتائج أن درجة الحرارة كانت المتغير الفيزيائي الوحيد الذي سجل فرقًا معنويًا دالًا($p < 0.05$) ، مما يعكس تأثيرًا واضحًا للعامل الموسمي، بينما لم تُظهر باقي الخصائص الفيزيائية مثل الأوكسجين المذاب (DO) والرقم الهيدروجيني (pH) والمواد الصلبة الذائبة الكلية (TDS) والتوصيلية الكهربائية (EC) أي فروقات معنوية، ما يدل على استقرارها النسبي بين الفصلين؛ أما من حيث المتغيرات الكيميائية، فقد تميز كل من الحديد (Fe) والفوسفات (PO_4^{3-}) بفروق معنوية دالة، في حين بقيت باقي العناصر دون فروق ذات دلالة إحصائية.

10. الاستنتاجات:

خلصت الدراسة إلى أن جميع القيم التي تم الحصول عليها من نتائج مياه محطات التحلية كانت في الغالب ضمن الحدود المسموح بها وفقًا للمواصفات القياسية الليبية وكذلك معايير منظمة الصحة العالمية .(WHO) بالإضافة إلى ذلك، تم ملاحظة وجود تلوث ميكروبي للمياه المنتجة من بعض محطات التحلية بالتوافقيات مع *E. coli*

11. التوصيات

- ضرورة مراقبة دورية للمياه المنتجة من محطات التناضح العكسي من خلال التحاليل الكيميائية والميكروبية.
- تعزيز أنظمة العزل والفصل بين مصادر الصرف الصحي (المياه السوداء) ومصادر المياه المعالجة.
- تحديث البنية التحتية لمحطات التحلية بما يضمن منع أي تسرب أو اختلاط محتمل.
- رفع كفاءة برامج الصيانة والتعقيم في وحدات التناضح العكسي، خاصةً في المناطق القريبة من مصادر التلوث.
- توعية المجتمعات المحلية والمقيمين بأهمية الحفاظ على أنظمة الصرف وتشجيع السلوكيات التي تقلل من تلوث البيئة المائية.
- تبني سياسات بيئية صارمة لمراقبة وإدارة النفايات السائلة في المناطق السكنية.

	T	DO	PH	TDS	EC	caco3	alkalinity	Na	K	Ca	Mg	NH4	So4	Cl	po4	No3	Hco3	Fe	Mn
T	1																		
DO	-.290	1																	
PH	.452	.126	1																
TDS	-.067	.240	-.143	1															
EC	-.064	.240	-.143	1.000	1														
caco3	-.063	.170	-.166	.991	.991	1													
alkalinity	.224	.148	-.063	.942	.943	.942	1												
Na	-.034	.234	-.115	.998	.999	.994	.953	1											
K	-.330	.231	-.338	.849	.847	.844	.708	.832	1										
Ca	-.070	.239	-.161	.999	.999	.992	.942	.997	.863	1									
Mg	-.049	.098	-.168	.969	.969	.983	.921	.972	.886	.976	1								
NH4	-.227	.403	.590	.229	.228	.197	.118	.234	.039	.193	.118	1							
So4	-.249	.239	-.253	.958	.956	.950	.823	.948	.891	.961	.943	.171	1						
Cl	.085	.270	-.033	.953	.954	.956	.970	.965	.724	.955	.925	.198	.862	1					
po4	.857	-.156	.386	.127	.130	.169	.421	.173	-.126	.139	.192	-.219	-.060	.360	1				
No3	-.288	-.010	-.034	.562	.558	.558	.370	.548	.497	.539	.543	.502	.647	.356	-.353	1			
Hco3	-.262	.033	-.344	.798	.796	.779	.660	.773	.923	.799	.820	.079	.827	.604	-.227	.648	1		
Fe	-.704	.349	-.025	.081	.078	.053	-.173	.053	.456	.094	.106	.201	.224	-.040	-.592	.077	.325	1	
Mn	-.384	-.007	.051	.502	.498	.495	.282	.482	.650	.490	.539	.484	.587	.274	-.415	.859	.766	.457	1

الشكل (4) الارتباط بين الخواص الفيزيائية والكيمائية في فصلي الصيف والشتاء

12. المصادروالمراجع:

أولًا: المراجع العربية

البارواني، سليمان صالح. (1997). تأثير الاستغلال المفرط للمياه الجوفية في ليبيا. مجلة الهندسي. طرابلس- ليبيا. 36-37.

عباس، عباس هادي. (2017). تحلية المياه الجوفية في جامعة تكريت باستخدام تقنية التناضح العكسي. مجلة الدراسات البيئية. العدد 17، ص1-10.

المتخطري، منير، الهنداوي، رمضان. (قيد النشر). تحلية مياه البحر في طبرق – شرق ليبيا: الخيار الاستراتيجي الحالي لمواجهة ندرة مياه الشرب في المدينة. ورقة غير منشورة.

منظمة الأغذية والزراعة .(2005) .الزراعة والغذاء والمياه: مساهمات في تقرير تنمية المياه العالمي ص. 59.

الموارد المائية في العالم العربي واحتياجاتها خلال الفترة من 2000 إلى 2025.

ثانيًا: المراجع الأجنبية

Abdalmaula, G. H., Lamloum, F. B., Prospero, E., & Alhendawi, R. A. (2018). Infants methemoglobinemia due to nitrate contaminated in rural water supplies in the region of Al-Jebel Al-Akhdar, Libya. *Middle-East Journal of Scientific Research, 26*(3), 339–345.

Alhendawi, R. A. M. (2010, June 12). *Problems of world's fresh water scarcity with particular reference to Libya* [Paper presentation]. Third Academic Symposium of Libyan Research Study, Sheffield, United Kingdom.

American Public Health Association. (1995). *Standard methods for the examination of water and wastewater* (19th ed.).

Fadaee, M., Mahdavi-Mohmand, A., & Zounemat-Kermani, M. (2020). Seasonal short-term prediction of dissolved oxygen in rivers via nature-inspired algorithms. *CLEAN – Soil, Air, Water, 48*(2), 1900360.

Masoud, M., Abdullah, A., Abdulrahim, A., & Aeyad, T. (2021). Quality assessment of underground water before and after treatment: A case study of Tobruk City, Libya. *Scientific Journal for the Faculty of Science – Sirte University, 1*(1), 53–60.

Omran, A. A., & Zayed, M. A. (2021). Bicarbonate buffering in drinking water: Implications for human health. *Water Science and Technology, 84*(5), 1069–1081.

Rosen, M. R., & Rainey, G. P. (2012). Iron in drinking water: Sources, treatment, and impact on public health. *Environmental Health Perspectives, 120*(3), 476–481.

Sullivan, M. R., Jones, A. R., & Smith, L. J. (2020). The impact of temperature on groundwater properties and quality. *Journal of Hydrology, 580*, 124–135.

Wenjie, H. (2012). Technology to ensure the safety of drinking water. *Tianjin Construction Science and Technology Journal, 15*, 27–28.

World Health Organization. (2005). *Nutrients in drinking water: Protecting human health from microbiological and chemical risks*. https://apps.who.int/iris/handle/10665/43403

World Health Organization. (2017). *Guidelines for drinking-water quality: Fourth edition incorporating the first addendum*. https://apps.who.int/iris/handle/10665/254637

The Impact of Black Water on the Quality of Output from Reverse Osmosis Plants in Tobruk City

Ahmed Abdulsalam Awad Mohamed[1], Abdullah Abubakr Tayyib Abdullah[1], Mohamed Abdelhadi Al-Sanousi Al-Hin[1], Rizgallah Abdullah Younis Misbah[1],Salem Mohamed Abd Al-Aali Mahmoud[2]

[1]Department of Natural Resources, Faculty of Natural Resources and Environmental Sciences, University of Tobruk, Libya

[2]Agricultural and Animal Research Center, Libya

Abstract

This study represents an assessment of the quality of drinking water produced by reverse osmosis (RO) desalination plants located within residential complexes in the study area (Tobruk – Libya). The study covered five RO plants distributed within the city's boundaries during the winter and summer seasons of the years 2022–2023. The primary aim was to determine the suitability of the water for drinking based on the Libyan Drinking Water Standard No. 82 of 1992 and the guidelines of the World Health Organization (WHO).

The results showed that most physicochemical properties were within the permissible limits. Temperature was affected by seasonal variations but remained within acceptable values. The findings also revealed clear seasonal differences, with most values being lower during the winter compared to the summer. In winter, Stations (2, 3, and 4) recorded values within the acceptable range for electrical conductivity, total dissolved solids (TDS), total hardness, sodium, potassium, calcium, and magnesium. Although a notable decrease in TDS was observed compared to the recommended maximum limits and a slight variation between stations, pH, phosphate, and ammonia levels were within safe limits for drinking water across all stations.

Microbiological analysis indicated significant contamination at Station No. (1) during the summer, as well as at Stations (2 and 5) during both winter and summer seasons. Chemical analyses of heavy metals, such as iron and manganese, showed that all stations were within the safe limits for drinking water. Furthermore, the analysis of variance (ANOVA) revealed statistically significant differences ($P<0.05$) in all parameters of total dissolved solids and electrical conductivity between the winter and summer seasons, except for temperature, phosphate, and ammonia.

The study concluded that the water produced by RO desalination plants in Tobruk is generally safe for drinking according to both national and international standards. However, some minor issues were observed in specific stations. Therefore, the study recommends enhancing the infrastructure of RO plants by incorporating advanced technologies to improve operational and purification processes to ensure water quality.

Keywords: Drinking Water Quality - Reverse Osmosis (RO) Desalination - Physicochemical Properties - Microbiological Analysis.

The First Scientific Conference of the Faculty of Science – Sirte University
Environmental Pollution and Challenges of Environmental Sustainability (EPESC), Oct, 14, 2025

تأثير اضافة مصدر كربون ومصدر نيتروجين على التركيب الكيميائي للبروتينات والدهون

ميلاد الجروشي ميلاد[1] ، علي محمود ابوغرارة[2]، منعم ابوالقاسم سعيد[3]

[1]الموارد البحرية ،كلية الموارد الطبيعية وعلوم البيئة ، جامعة طبرق

[2]الموارد البحرية ،كلية الموارد الطبيعية وعلوم البيئة ،جامعة عمر المختار.

[3]الانتاج الحيواني ،كلية الزراعة ، جامعة عمر المختار.

Corresponding Author Email: author1@example.com

ملخص البحث: دراسة تأثير المصادر المختلفة للتغذية على التركيب الكيميائي للطحالب الخضراء البحرية حيث تم إجراء تجربة معملية لتربية نوعين من الطحالب الخضراء البحرية *Ulva lactuca,* and *Enteromorpha prolifera* وتم إستخدام مصدر نيتروجين ومصدر كربون ومقارنته بالشاهد (الكنترول) ودراسة تأثير كل منهما على التركيب الكيميائي لكلا الطحلبين. أوضحت النتائج وجود إختلاف في تأثير مصادر التغذية المختلفة على التركيب الكيميائي للطحالب، حيث تم تقدير النسبة المئوية لمحتوي المادة الجافة من البروتين الخام، الدهون الخام، كذلك أوضح نتائج التحليل الإحصائي وجود فروق ذات دلالة إحصائية بين مصادر التغذية المختلفة سواء مصدر النيتروجين، أو مصدر الكربون، مقارنة بالشاهد (التحكم). كما أدي إستخدام مصدر النيتروجين في عمليات التربية المعملية لطحلب *Enteromorpha prolifera* إلي زيادة المحتوي المادة الجافة من البروتين، الدهون، على الجانب الآخر أدي تطبيق مصدر الكربون في عمليات التربية للطحلب إلي زيادة المحتوي المادة الجافة من البروتين، الكربوهيدرات، والدهون، وكذلك زيادة محتواها من الأحماض الدهنية والأمينية، كذلك أدي إلى إنخفاض محتوي المادة الجافة من الألياف، والرماد. أما بالنسبة لتأثير إستخدام مصادر التغذية المختلفة سواء النيتروجين أو الكربون في عمليات التربية المعملية لطحلب *Ulva lactuca* فقد أدي كل من مصدرين التغذية إلي زيادة النسبة المئوية للمحتوي من البروتين، الكربوهيدرات، الدهون، مقارنة بالشاهد.

Article History:

Received: 09 April 2025

Revised: 29 May 2025

Published: 15 November 2025

الكلمات المفتاحية:

Ulva ؛Enteromorpha lactuca؛ التحليل البيوكيميائي؛ الطحالب؛ العناصر الغذائية.

13. المقدمة

تعتبر الطحالب البحرية مصدرًا للمكونات النشطة بيولوجيًا المختلفة بما في ذلك البروتين والزيت والألياف والفيتامينات والأصباغ والمعادن الغذائية (**Metwaly, *et al.,* 2023**). كذلك يمكن إعتبار الطحالب الكبيرة أو الطحالب الدقيقة أحد مصادر الغذاء المستدامة وبشكل عام يمكن زراعة تلك الطحالب وإنتاجها في أنظمة المياه قليلة الملوحة أو المياه العذبة باستخدام مجموعة واسعة من أنواع المياه ومصادر الكربون وتركيزات العناصر الغذائية (**Almutairi *et al.,* 2021; El-Sayed *et al.,* 2022; Abo El-Khair *et al.,* 2023**).

وجد حاليًا حوالي 200 نوع من الطحالب التي يتم استهلاكها، منها 22 نوعًا من الأعشاب البحرية مثل *Ulva* sp. والتي تم السماح بتناولها من خلال اللوائح الأوروبية (**Abreu *et al.,* 2014**).

تهدف الدراسة الي:

توضيح التركيب الكيميائي لهذه الانواع وكذلك دراسة تأثير مصدر التغذية على بعض خصائص التركيب الكيميائي لها وامكانية الاستفادة منها.

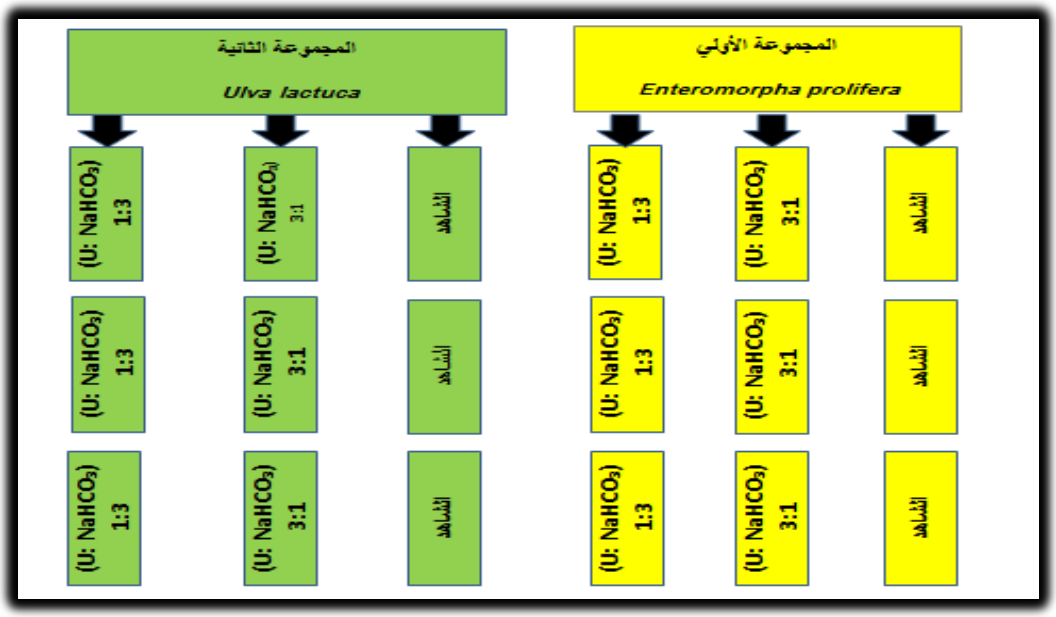
المواد والطرق

أجريت التجارب في معامل قسم الموارد البحرية في كلية الموارد الطبيعية وعلوم البيئة / جامعة عمر المختار- في مدينة البيضاء - ليبيا وذلك خلال الفترة من إبريل 2023- مايو2024م.

تم تجهيز الجالونات الخاصة بعملية تربية الطحالب داخل المعمل في نظام مكون من 18 جالون بلاستيكي سعة كل منها 6 لتر، والتي تم تحضيرها مسبقا لإجراء التجارب. كذلك تم تجهيز المعمل لتوفير الظروف البيئية المناسبة لنمو الطحالب (درجات الحرارة، الرطوبة، والإضاءة اللازمة).

تم إختيار نوعين من الطحالب الخضراء البحرية الكبيرة وهما طحلب *Ulva lactuca* وطحلب *Enteromorpha prolifera*.

تم تقسيم جالونات التجربة إلى مجموعتين رئيسيتين تضم كل مجموعة 9 جالونات لتربية كل طحلب كما هو موضح في الشكل التالي (1):



شكل (1) المخطط العام للتجربة

تم تنمية الطحالب في أحواض خارج المعمل أو في خلجان شبه مغلقة ولم يتم إضافة أي مركب لتغيير التركيب الكيميائي لها بل تم الاكتفاء بتركيبها الطبيعي والذي تتحكم فيه الظروف الطبيعية المختلفة والتلوث، ولذلك سوف تتم المقارنة بالمحتوى الطبيعي وكذلك نتائج تجارب الطحالب المجهرية التي أجريت في المعامل بإضافة مواد كيميائية.

- ❖ تم إحضار 4.5 كيلو من الوزن الرطب لكل نوع من الطحلبين المستخدمين في الدراسة، وتم تقسيمها على جالونات التجربة بواقع نصف كيلو / جالون سعة 6 لتر في 3 مكررات.
- ❖ تم وضع 4 لتر من ماء البحر في كل جالون من المكررات الثلاثة لكل معاملة، وكانت نسبة الملوحة 39‰، ودرجة الحموضة (pH) 6.7.
- ❖ تم توفير الظروف البيئية المناسبة واللازمة لنمو الطحالب مثل درجات الحرارة، الإضاءة والتهوية.
- ❖ تم تجهيز معاملات التغذية المقترحة لإجراء عملية تنمية هذه الطحالب بالنسب المقترحة للدراسة من بيكربونات الصوديوم (كمصدر للكربون)، اليوريا (كمصدر للنيتروجين).

تم إجراء التجربة لتقييم تأثير مصادر التغذية المختلفة على التركيب الكيميائي للطحالب لمدة 8 أيام.

بعد الانتهاء من التجربة تم أخذ العينات من المعاملات المحتفلة لكل الطحلبين وتم إجراء التجفيف والطحن بواقع 9 عينات لكل طحلب تتمثل في (3 معاملات التغذية*3مكررات) كل عينة عبارة عن 10 جرام وزن جاف تمهيدا لإجراء التحليل الكيميائي.

تم إجراء التحليل البيوكيميائي للمعاملات المختلفة من مصادر التغذية للطحالب بمعامل المركز القومي للبحوث – القاهرة -مصر وتم حساب كل من:

1. نسبة البروتين الكلي: من خلال هضم النيتروجين وتقطيره وتحديده بناءً على تقنية (Microkjeldahl technique) according to **Ma and Zauzag, 1942**.
2. نسبة الدهون الكلية (بإستخدام جهاز سوكسلت Soxhlet extractor).

لقد تم تحليل النتائج إحصائيًا وفقًا ل**Gomez and Gomez., 1984**، من خلال دراسة تحليل التباين (One way ANOAVA) ومقارنة المتوسطات وحساب قيم أقل فرق معنوي ($LSD_{0.05}$)، (least significant difference)، لدراسة الإختلافات من خلال إستخدام برنامج التحليل الإحصائي SPSS V20

النتائج والمناقشة

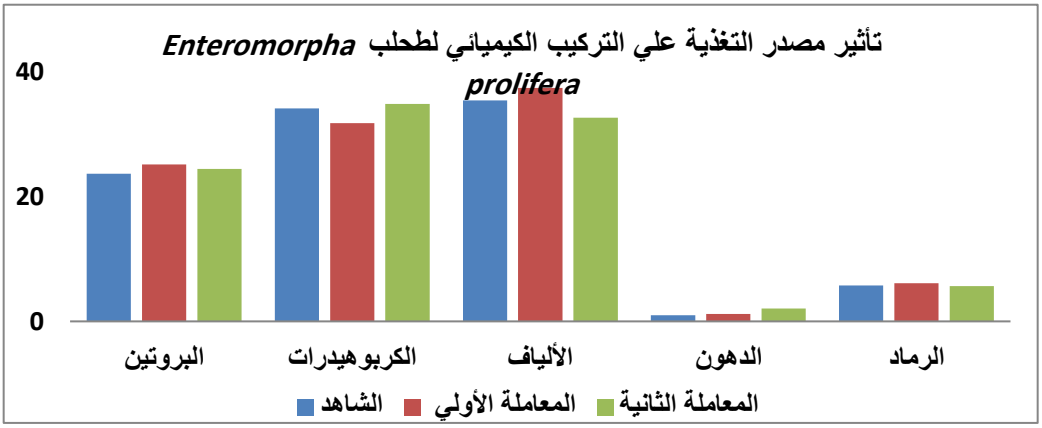
تأثير مصدر التغذية على صفات طحلب *Enteromorpha proliferaf*

تأثير مصدر التغذية على التركيب الكيميائي لطحلب *Enteromorpha proliferaf*

يوضح الجدول رقم (1) تأثير اختلاف مصدر التغذية علي التركيب الكيميائي لطحلب *Enteromorpha prolifera*، والذي يظهر وجود اختلافات معنوية بين معاملات التغذية المختلفة بالنسبة لمحتوي المادة الجافة من البروتين، والدهون، بلغ محتوي المادة الجافة من البروتين أقصاه عند المعاملة الأولي للتغذية بالشاهد، والمعاملة الثانية من التغذية، علي التوالي.

جدول (1) تأثير مصدر التغذية على التركيب الكيميائي لطحلب (*Enteromorpha prolifera*) في المادة الجافة (%)

مصدر التغذية	البروتين	الكربوهيدرات	الألياف	الدهون	الرماد
الشاهد	23.66	34.12	35.44	0.98	5.77
المعاملة الأولي	25.14	31.78	37.41	1.2	6.12
المعاملة الثانية	24.42	34.87	32.64	2.08	5.63
أقل فرق معنوي ($LSD_{0.05}$)	0.024	3.34	0.02	0.12	0.67



علي العكس من ذلك أدت المعاملة الثانية من التغذية إلي زيادة تجاوزت الضعف في محتوي المادة الجافة من الدهون الكلية مقارنة بالكونترول، حيث بلغت نسبة الدهون الكلية في المادة الجافة 2.08 %، في حين سجل الشاهد 0.98 % فقط دهون كلية من وزن المادة الجافة. أدت كذلك المعاملة الأولي من التغذية إلي زيادة محتوي المادة الجافة من الدهون الكلية ولكن بمعدل أقل من تأثير المعاملة الثانية، حيث بلغت نسبة الزيادة 0.22 %، 1.1 % للمعاملة الأولي، والثانية على التوالي، مقارنة بالشاهد.

تتفق هذه النتائج مع ما أوضحه كل من (**Abugrara, *et al.,* 2020**) علي طحلب *N. oculata*، (**Yang and Gao, 2003;**) (**Srinivasan *et al.,* 2018**) علي طحالب *Chlorella pyrenoidosa* and *Scenedesmus obliquus* أن استخدام مصادر للكربون والنيتروجين قد أدت إلي زيادة تركيز كل من البروتين.

تأثير مصدر التغذية بالنيتروجين والكربون علي صفات طحلب *Ulva lactuca*

تأثير مصدر التغذية على التركيب الكيميائي لطحلب *Ulva lactuca*

يوضح جدول (7) نتائج التحليل الكيميائي لطحلب *Ulva lactuca* ، وتأثير إستخدام مصدر آزوتي (المعاملة الأولي) وآخر كربوني (المعاملة الثانية) للتغذية علي النسبة المئوية لمحتوي المادة الجافة من البروتين.

تفاوتت النسبة المئوية للبروتين بين مصادر التغذية المختلفة مع وجود اختلافات معنوية وفقا للمقارنة بأقل فرق معنوي ($LSD_{0.05}$)، حيث سجلت المعاملة الأولي أقصي قيمة لنسبة البروتين والتي بلغت 21.66 %، بزيادة بلغت 0.63 % مقارنة بالمعاملة الثانية والتي بلغت 21.03 %، في حين سجلت أقل نسبة مئوية للبروتين في المادة الجافة 20.78 % للشاهد.

بالنسبة لتأثير مصادر التغذية المختلفة التي تم استخدامها على محتوي المادة الجافة من الرماد فقد تشابهت مع نتائج البروتين والكربوهيدرات، حيث حققت المعاملة الأولي للتغذية لي نسبة رماد في المادة الجافة والتي بلغت 6.2 % بزيادة بلغت 0.45 %، 0.34 % مقارنة بالتحكم والمعاملة الثانية، على التوالي، حيث بلغت النسبة المئوية للرماد في المادة الجافة لكلا المعاملتين (الشاهد، المعاملة الثانية) 5.75 %، 5.86 %، على التوالي.

بالنسبة لمحتوي الدهون في المادة الجافة كان الاتجاه مختلف، حيث أعطت المعاملة الثانية من مصادر التغذية أقصي نسبة للدهون والتي بلغت 2.11 %، في حين سجلت معاملة التحكم (الشاهد) 0.86 % فقط لمحتوي المادة الجافة من الدهون، وبالرغم من أن تطبيق معاملة التغذية الأولي أدت إلي زيادة النسبة المئوية للدهون في المادة الجافة مقارنة بالشاهد، إلا إنها هذه المرة انخفض تأثيرها عن المعاملة الثانية حيث سجلت 1.97 % بمعدل زيادة بلغ 1.11 % مقارنة بالشاهد، وبمعدل نقص بلغ 0.14 % مقارنة بمصدر التغذية الثاني (المعاملة الثانية).

اتفقت هذه النتائج مع العديد من الدراسات التي توضح تأثير استخدام مكملات من مصادر مختلفة على التركيب الكيميائي للطحالب، فقد أوضح (**Abugrara, *et al.,* 2020**) وجود اختلافات ملحوظة في التركيب الكيميائي لطحلب *NannoChloropsis oculata*، حيث أثرت على معدلات البروتين والدهون

من ناحية أخري أوضح (**Abugrara, *et al.,* 2019**) تأثير استخدام مصادر مختلفة من الكربون والنيتروجين على التركيب الكيميائي لطحلب *Nannochloropsis oceanica*، والتي أدت إلى وجود اختلافات واضحة في كميات البروتين والدهون.

جدول (2) تأثير مصدر التغذية على التركيب الكيميائي لطحلب (*Ulva lactuca*) في المادة الجافة (%)

مصدر التغذية	البروتين	الكربوهيدرات	الألياف	الدهون	الرماد
الشاهد	20.78	37.13	35.42	0.86	5.75
المعاملة الأولي	21.66	38.2	32.06	1.97	6.2

المعاملة الثانية	21.03	37.15	33.86	2.11	5.86
$LSD_{0.05}$	0.035	0.12	0.024	0.018	0.117

الخلاصة:

من خلال ما تم عرضه من نتائج يتضح وجود اختلافات في التركيب الكيميائي للطحالب تحت الدراسة من حيث نسبة البروتين، والدهون. كذلك أتضح التأثيرات المختلفة لإضافة مصدر الكربون ومصدر النيتروجين في وسط الاستزراع للطحالب، وعلاقة كل من تلك المصادر بمحتوي الطحالب من البروتين والدهون كأحد أهم مكونات التركيب الكيميائي للطحالب ذات القيمة الغذائية المرتفعة، و. حيث أدي زيادة مصدر الكربون باستخدام بيكربونات الصوديوم إلي زيادة محتوي الطحالب من الدهون، ونقص محتواها من البروتين مقارنة بالكونترول، وعلى العكس من ذلك أدي إضافة مصدر النيتروجين والذي تمثل في اليوريا إلي زيادة محتوي الطحالب من البروتين ونقص محتواها من الدهون.

التوصيات :

من خلال النتائج التي تم التوصل إليها في نهاية هذه التجارب وما تم عرضه ومناقشته يمكن التوصية بما يلي:

1. يمكن الاعتماد على الطحالب سواء الكبيرة أو المجهرية والتوسع في عمليات الاستزراع الخاص بها للعمل على سد الفجوة العلفية في توفير الأعلاف اللازمة للاستزراع السمكي في القطر الليبي.
2. يجب التوسع في دراسات أكثر عمقا على الطحالب بشكل عام والطحالب الاقتصادية بشكل خاص، نظرا لأهميتها واستخداماتها المتعددة سواء في البيئة البحرية، أو الصناعات المختلفة، الأغذية المختلفة، وكذلك الاستخدامات الزراعية.
3. يمكن الحصول وتوفير العديد من الطحالب بالمواصفات الخاصة بالأغراض المختلفة لاستخدامها، عن طريق إمكانية تغيير التركيب الكيميائي وفقا للمطلوب من خلال مصادر التغذية المختلفة ومعدلاتها التي يتم إضافتها في أوساط الاستزراع.

المصادروالمراجع:

Abugrara, M. A. (2020). Effects of nitrogen starvation on protein and carbohydrate contents of some marine microalgae and their efficiency as food for the rotifer *Brachionus plicatilis* (Müller). *Egyptian Journal of Aquatic Biology and Fisheries*, *24*(2), 395–403.

Almutairi, A. W., El-Sayed, A. E.-K. B., & Reda, M. M. (2021). Evaluation of high salinity adaptation for lipid bio-accumulation in the green microalga *Chlorella vulgaris*. *Saudi Journal of Biological Sciences*, *28*(7), 3981–3988.

Abo El-Khair, B. E., Marwa, M. R., Adel, W. A., & Charalampos, M. (2023). Productivity and biochemical constituents of *Chlorella vulgaris* grown in Net-House Photobioreactor. *Journal of Taibah University for Science*, *17*(1), 2194843.

El-Sayed, A. B., Fetyan, N. A., Moghanm, F. S., Elbagory, M., Ibrahim, F. M., Sadik, M. W., & Shokr, M. S. (2022). Biomass fatty acid profile and fuel property prediction of bagasse waste grown *Nannochloropsis oculata*. *Agriculture*, *12* (8), 1201.

Metwaly, H. R., El-Sayed, A. E.-K. B., & Amin, H. F. (2023). Chemical and biochemical properties of marine algae *Ulva lactuca* and *Nannocholoropsis oculata*. *Egyptian Journal of Aquatic Biology & Fisheries*, 27(3), 1165–1183.

Srinivasan, R., Mageswari, A., Subramanian, P., Suganthi, C., Chaitanyakumar, A., Aswini, V., & Gothandam, K. M. (2018). Bicarbonate supplementation enhances growth and biochemical composition of *Dunaliella salina* V-101 by reducing oxidative stress induced during macronutrient deficit conditions. *Scientific Reports*, *8*(1), 6972.

Yang, Y., & Gao, K. (2003). Effects of CO_2 concentrations on the freshwater microalgae, *Chlamydomonas reinhardtii*, *Chlorella pyrenoidosa* and *Scenedesmus obliquus* (Chlorophyta). *Journal of Applied Phycology*, *15*, 379–389. https://doi.org/10.1023/A:1026021021774

The Effect of Adding a Carbon Source and a Nitrogen Source on the Chemical Composition of Proteins and Lipids

Milad Al-Jarushi Milad[1], Ali Mahmoud Abugharrara[2], Moneim Abulqasim Saied[3]

[1] Marine Resources Department, Faculty of Natural Resources and Environmental Sciences, University of Tobruk.

[2] Marine Resources Department, Faculty of Natural Resources and Environmental Sciences, Omar Al-Mukhtar University.

[3] Animal Production Department, Faculty of Agriculture, Omar Al-Mukhtar University.

Abstract

A laboratory experiment was conducted to cultivate two types of marine green algae, *Ulva lactuca* and *Enteromorpha prolifera*. A nitrogen source and a carbon source were used and compared to a control group, studying the effect of each on the chemical composition of both algae species.

The results indicated a difference in the effect of the different nutrition sources on the chemical composition of the algae. The percentage of dry matter content of crude protein and crude lipids was estimated. Furthermore, the results of the statistical analysis showed statistically significant differences between the different nutrition sources, whether the nitrogen source or the carbon source, compared to the control.

The use of the nitrogen source in the laboratory cultivation processes of *Enteromorpha prolifera* led to an increase in the dry matter content of protein and lipids. On the other hand, the application of the carbon source in the algae cultivation

processes led to an increase in the dry matter content of protein, carbohydrates, and lipids, as well as an increase in its content of fatty acids and amino acids. It also led to a decrease in the dry matter content of fiber and ash.

Regarding the effect of using the different nutrition sources, both nitrogen and carbon, in the laboratory cultivation processes of *Ulva lactuca*, both nutrition sources led to an increase in the percentage content of protein, carbohydrates, and lipids, compared to the control.

Keywords: Enteromorpha; *Ulva lactuca*; Biochemical Analysis; Algae; Nutrients.

The First Scientific Conference of the Faculty of Science – Sirte University Environmental Pollution and Challenges of Environmental Sustainability (EPESC), Oct.14, 2025

انتاج الغاز الحيوي من المخلفات العضوية نهج مستدام لتعزيز الطاقة النظيفة في مدينة طبرق

رزق الله عبد الله يونس مصباح، محمد ناجي طاهر مسعود، أحمد عبد السلام عوض محمد، سعد رحيل علي ارويعي

الموارد الطبيعية، كلية الموارد الطبيعية وعلوم البيئة، جامعة طبرق، ليبيا

Corresponding Author Email: rezkaallah.mosbah@tu.edu.ly

Article History:

Received: 03 April 2025

Revised: 29 May 2025

Published: 15 November 2025

الكلمات المفتاحية:
الاستدامة البيئية، الطاقة المتجددة، المخلفات العضوية، الهضم اللاهوائي، إنتاج الغاز الحيوي.

ملخص البحث: هدفت هذه الدراسة إلى تقييم إنتاج الغاز الحيوي من المخلفات العضوية في مدينة طبرق باستخدام تقنية الهضم اللاهوائي، باعتبارها خيارًا مستدامًا لتوليد طاقة نظيفة والحد من التلوث البيئي الناجم عن تراكم النفايات، أُجريت تجربة ميدانية باستخدام تسعة هاضمات لا هوائية (سعة 200 لتر لكل منها) مقسّمة إلى ثلاث معاملات: مخلفات منزلية(A) ، وروث أبقار(B) ، ومزيج متساوٍ من الاثنين(C) ، بثلاثة مكررات لكل معاملة. تم تعبئة كل هاضم بـ 40 كجم من المادة العضوية وإضافة ماء بنسبة 1:2.5، تمت مراقبة درجة الحرارة (البيئة وداخل الهاضم) ودرجة الحموضة (pH)يوميًا، وتم قياس كمية الغاز الحيوي المنتجة بطريقة إزاحة الماء، مع تحليل تأثير ظروف التشغيل (درجة الحرارة ودرجة الحموضة) على معدلات إنتاج الميثان خلال فترة الهضم، أظهرت النتائج تفوق معاملة الخليط (C) في إنتاج الميثان، حيث بلغ متوسط الإنتاج اليومي 0.79 لتر لكل كيلوجرام خلال فترة مكوث 22 يومًا (إجمالي 697 لتر من 40 كجم، متوسط .pH=5.4). بالمقابل، سجلت المخلفات المنزلية (A) أدنى إنتاجية للميثان بمعدل 0.27 لتر/كجم/يوم على مدى 32 يومًا (إجمالي 342 لتر، متوسط pH=3.7)نتيجة ارتفاع الحموضة بسبب تراكم الأحماض الدهنية المتطايرة، بينما حقق روث الأبقار (B) معدل 0.56 لتر/كجم/يوم خلال 88 يومًا (إجمالي 1975 لتر، متوسط pH=6.6). تشير هذه الفروق إلى أن دمج أنواع مختلفة من المخلفات مع توفر ظروف حرارية مستقرة يحسّن ظروف التحلل (توازن المغذيات ودرجة الحموضة)، مما يزيد من كفاءة إنتاج الغاز الحيوي ويُسرّع وتيرته. تؤكد الدراسة أن استخدام الهضم اللاهوائي يمثل خيارًا واعدًا ومستدامًا لإنتاج الطاقة النظيفة في طبرق، إذ يسهم في تحويل

النفايات العضوية إلى مصدر طاقة متجددة ويحدّ من انبعاثات الغازات الضارة ومن كميات النفايات المرسلة إلى المدافن.

1. المقدمة

تعتمد جميع دول العالم على مواد الطاقة التي يمكن تحويلها إلى حرارة وكهرباء ووقود. وتعد الموارد غير المتجددة حاليًا المصدر الأكثر استخداما للطاقة، وأدى استخدام الوقود الأحفوري مثل الفحم والمنتجات القائمة على البترول الى تأثيرات سلبية بالغة على البيئة وصحة الانسان (Kumar et al., 2021). حيث أدت زيادة الطلب على الطاقات الغير متجددة إلى زيادة انبعاثات غازات الاحتباس الحراري وتغير المناخ في العالم (Kabir et al., 2023). وقد يصاحب ذلك في استهلاك الطاقة الغير متجددة الى استنفاد مصادرها، لأنها محدودة وسوف تنفد في نهاية المطاف. مما قد يؤدي إلى اضطرابات اقتصادية واجتماعية كبيرة، لا سيما في البلدان النامية التي تعتمد بشكل كبير على الطاقة الغير متجددة في اقتصاداتها (EIA, 2021).

مواجهة التحدي المتمثل في استنفاذ الطاقة غير المتجددة، تستثمر العديد من البلدان في مصادر الطاقة المتجددة مثل طاقة الكتلة الحيوية والطاقة الشمسية وطاقة الرياح والطاقة المائية. حيث تتمتع مصادر الطاقة المتجددة هذه بالقدرة على توفير مصدر مستدام للطاقة غير قابل للنفاذ وكذلك لا يساهم في تغير المناخ أو استنفاذ الموارد المحدودة (REN21, 2021).

إذ تشير الدراسات الحديثة إلى اهتمامات واسعة في الطاقة الحيوية، كونها مصدر هام للطاقة في العالم باعتبارها بديلاً محايدًا للغازات الدفيئة للوقود الأحفوري (Patrick , 2022). وتشمل منتجات الكتلة الحيوية التقليدية التي تمثل حاليا نحو 10% من استهلاك الطاقة العالمي الى المخلفات الزراعية ومخلفات الانسان من بقايا الطعام والصرف الصحي وروث الحيوانات ومنتجات الغابات والأخشاب التي تم جمعها كمصر رئيسي للطاقات الحية. حيث أظهرت دراسة (Jang et al., 2018 ; Hossain & Fujimoto , 2011) جدوى استخدام عملية الهضم اللاهوائي لإنتاج الميثان من نفايات الطعام وروث الماشية، وقيمت تلك الدراسات آثار العوامل المختلفة، مثل وقت الاحتفاظ الهيدروليكي، ومعدل التحميل العضوي، ودرجة الحموضة، على إنتاج الميثان. وخلصت الدراسة إلى أن عملية الهضم اللاهوائي لديها القدرة على أن تكون تقنية مستدامة لمعالجة نفايات الطعام، وإنتاج الميثان.

وهذا ما هدفت اليه هذه الدراسة في تسليط الضوء على الكتلة الحية من خلال تأثير أنماط الاستهلاك البشري في زيادة النفايات المنزلية والحيوانية في منطقة الدراسة، الى إنتاج غاز الميثان عن طريق التخمير اللاهوائي للمخلفات العضوية، المنزلية والحيوانية، واستعمال هذا الغاز على نطاق واسع كمصدر اساسي للطاقة المتجددة النظيفة في مجال توليد الكهرباء والتدفئة وغيرها. إضافة إلى ذلك تشجيع عملية التنمية المستدامة، بالإضافة الى التخلص من المخلفات العضوية بطريقة امنة والاستفادة منها اقتصاديا.

2. مشكلة الدراسة:

تواجه مدينة طبرق مشكلة بيئية متفاقمة بسبب تراكم المخلفات العضوية دون استغلال تؤدي هذه النفايات إلى تلوث بيئي وزيادة انبعاثات غازات الدفيئة ولا توجد آلية فعالة حالياً لتحويل هذه المخلفات إلى طاقة مستدامة.

3. أهداف الدراسة:

تركّز هذه الدراسة على استخدام تقنية الهضم اللّاهوائي للمخلّفات العضوية بهدف تعزيز إنتاج الطاقة النظيفة في مدينة طبرق، ومعالجة تحدّيات إدارة النفايات العضوية بشكل مستدام.

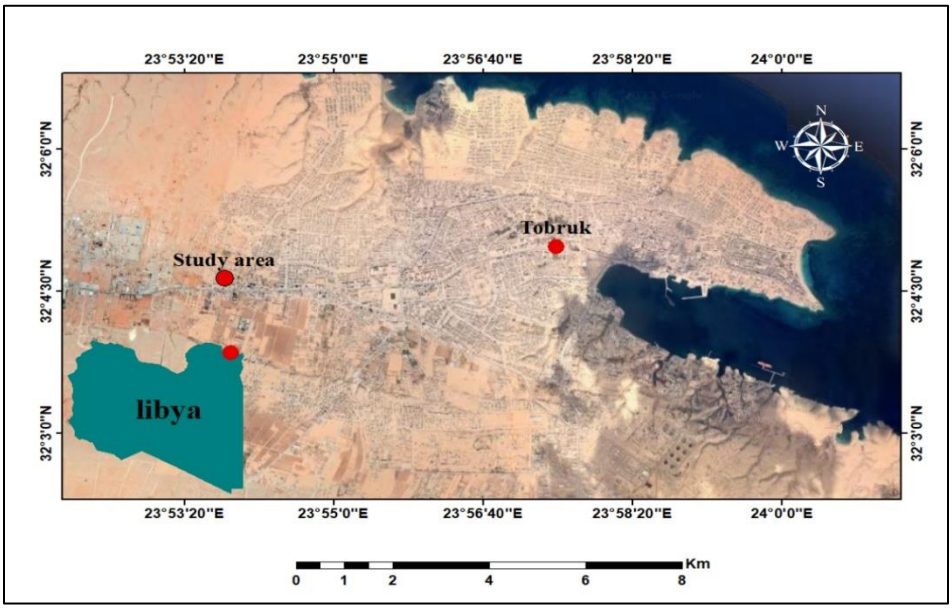
4. أهمية الدراسة:

تُبرز الدراسة إمكانية الاستفادة من المخلفات العضوية لإنتاج طاقة نظيفة باستخدام الهضم اللاهوائي تساهم في الحد من التلوث وتوفير مصدر بديل للطاقة في مدينة طبرق وتوفر بيانات محلية تشجع على التوسع في استخدام هذه التقنية بيئيًا واقتصاديًا.

5. المواد وطرق البحث

منطقة الدراسة:

تمت الدراسة بمدينة طبرق التي تقع جغرافياً في شمال شرق ليبيا، يحدها البحر المتوسط من الشمال، أما فلكيا فأن مدينة طبرق تقع على تقاطع خط طول 27، 58، 24 شرقاً، ودائرة عرض، 4، 5، 32، شمالاً شكل (1). حيث يبلغ عدد سكان مدينة طبرق وفق إحصائية عام 2023 نحو 138363 نسمة. كما يتميز مناخها بمناخ البحر الابيض المتوسط الحار والجاف صيفاً والمعتدل المطر شتاء، والتي يبلغ فيها متوسط درجة الحرارة 31 درجة خلال فصل الصيف.



شكل (1) موقع الدراسة – مدينة طبرق – شرق ليبيا

توفير المخلفات العضوية (المنزلية والحيوانية):

بقايا الأطعمة المستخدمة في التجربة هي نفايات طعام غير متجانسة في طبيعتها لأنها تتكون من نفايات الطعام المنزلي المطبوخ وغير المطبوخ. والتي تم تجميعها من مكب النفايات بالمدينة. كذلك روث الابقار تم تجميعه بالكامل من احدى مزارع الأبقار والمواشي بمنطقة الدراسة. حيث تم فرز المخلفات العضوية عن باقي المخلفات الصلبة الأخرى وكذلك عملية تفتيت وتقطيع المخلفات العضوية من روث الابقار قبل إدخالها بوحدات الهاضم

بأحجام صغيرة حتى تساعد على سهولة عملية التحلل الميكروبي داخل الهاضم وتمت عملية التعبئة على النحو التالي:

المعاملة الاولي (A): بقايا الاطعمة من المخلفات المنزلية، المعاملة الثانية: روث الابقار (B)، المعاملة الثالثة (C): خليط من النفايات المنزلية وروث الابقار بنسبة 1:1 (Haider et al. 2015).

تم وضع المخلفات سابقة الذكر في عدد تسع (9) براميل محكمة من الحديد استخدمت كهواضم لا هوائية، ذو سعة (200 لتر) مقسمة الي (3) معاملات و (3) مكررات لكل نوع من المخلفات على النحو التالي:

تم اضافة 40 kg من مخلفات بقايا الاطعمة في كل وحدة من وحدات المعاملة الاولي والمكررات، ويرمز لها بالرمز (A).

إضافة 40Kg من مخلفات روث الابقار في كل وحدة من وحدات المعاملة الثانية والمكررات، ويرمز لها بالرمز (B).

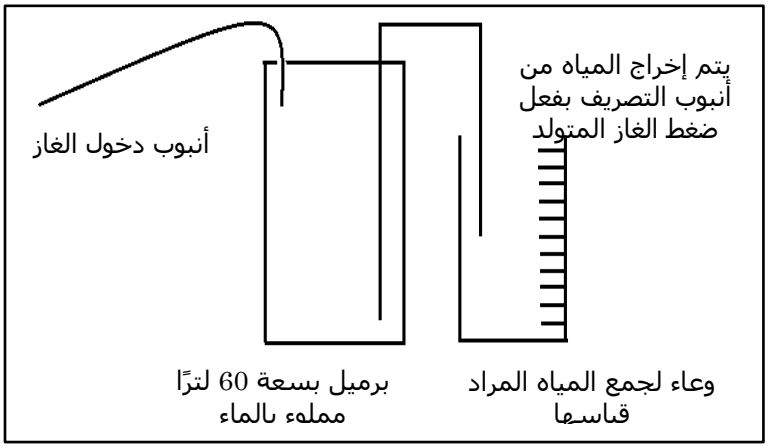
إضافة 40 kg من خليط بقايا الاطعمة وروث الابقار في كل وحدة من وحدات المعاملة الثالثة والمكررات، ورمز لها بالرمز (C).

تم إضافة الماء الي جميع المعاملات حسب ما ورد من (Hassan,2004) بمقدار 1 : 2.5.

تم قياس درجات حرارة الجو بواسطة جهاز Thermometer، وكذلك درجات الحرارة الداخلية للمكمر (الرطبة والجافة) باستخدام جهاز Electronic thermometer، وقياس الرقم الهيدروجيني pH بواسطة جهاز pH meter للمحلول كل يوم عند منتصف النهار طيلة فترة التجربة.

تم قياس كمية الغاز المنتج بوحدة التر عن طريق الازاحة بالماء (شكل 2)، كما ورد في (Ball , 2011) .

تم تحريك المادة العضوية داخل البراميل على فترات متقطعة.

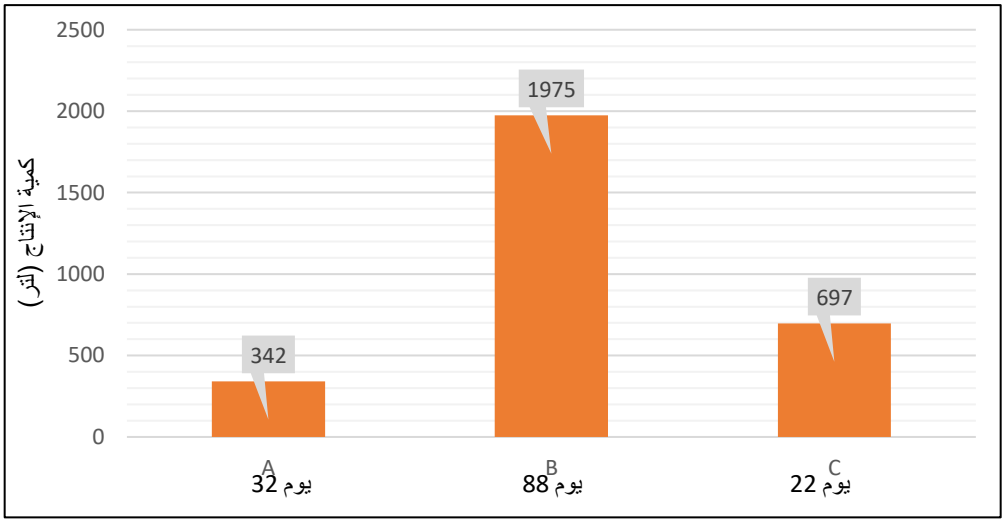


الشكل (2). عملية قياس الغاز المنتج بطريقة إزاحة الماء كما ورد في (Ball , 2011) .

التحليل الإحصائي Statistical analysis: تم اختيار تصميم كامل العشوائية RCD في ثلاث مكررات، تمَّ إجراء عمليات التحليل الإحصائي لكافة الصفات التي شملتها الدراسة بعد جدولتها إحصائياً باستخدام برنامج Gnestat. 7 وتم المقارنة بين المتوسطات باستخدام اختبار أقل فرق معنوي L.S.D عند مستوى معنوية 5% (Gomez & Gomez, 1984).

6. النتائج والمناقشة:

تمت مراقبة زمن مكوث المخلفات المنزلية بقايا الأطعمة المعاملة (A) لمدة 32 يومًا، وتم تفريغ الغاز المُنتَج خلال هذه المدة مرتين وكانت كمية الإنتاج الكلي (342) لتر/ 40 كجم كتلة حية. كما تمت مراقبة زمن مكوث المعاملة (B) روث الأبقار لمدة 88 يومًا، وتم تفريغ الغاز المُنتَج عشر مرات خلال هذه المدة والتي كانت كميتها (1975) لتر/40 كجم كتلة حية. أما بالنسبة للمعاملة (C) وهي خليط من بقايا اطعمة وروث أبقار، فتمت مراقبة زمن مكوثها لمدة 22 يومًا، وتم تفريغ الغاز أربع مرات وكانت الكمية خلال هذه الفترة (697) لتر/ 40 كجم كتلة حية كما هو مبين في الشكل رقم (3)



الشكل (3) كمية إنتاج الغاز الحيوي بالتر خلال فترة كل معاملة في الدراسة (A, B, C).

نشاط الهضم اللاهوائي داخل الكتلة الحية للمعاملات في الدراسة

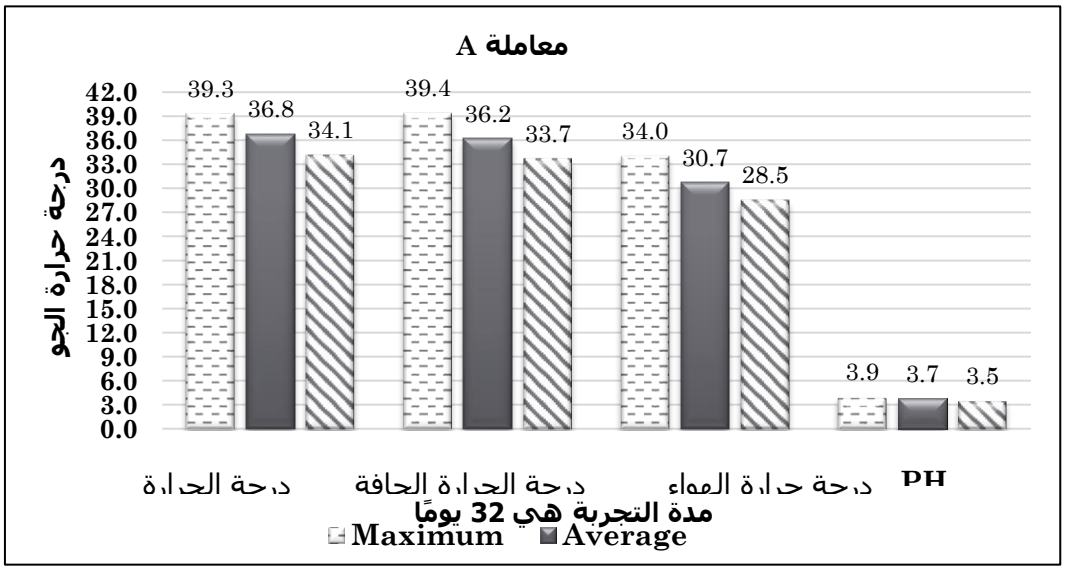
المعاملة (A) المخلفات المنزلية (بقايا الاطعمة):

تظهر البيانات المقدمة في الشكل (4) درجات الحرارة الرطبة والجافة ودرجة حرارة الجو ودرجة الحموضة لعينات الدراسة بقايا الاطعمة المعاملة (A) خلال فترة 32 يومًا من زمن استبقاء الركيزة داخل الهاضم، ويتمثل هدف هذه التجربة في فهم العلاقة المحتملة بين هذه المتغيرات وتأثيراتها على إنتاج الغاز الحيوي. حيث تعتمد نتائج درجات الحرارة الجافة والرطبة ودرجة حرارة الجو على أساس يومي، وهذه البيانات مرتبطة بالتغيرات في البيئة والظروف المناخية السائدة بمنطقة الدراسة خلال فترة التجربة.

حيث أوضحت القياسات تقارب درجات الحرارة الرطبة والتي كانت أقصى قيمه 39.3 وادني قيمة 34.1 والمتوسط (36.8) وأيضاً درجات الحرارة الجافة كانت أقصي قيمة 39.4 وأدني قيمة 33.7 ومتوسطها (36.2) ، وكانت أقصي قيمة لدرجات حرارة الجو 34.0 وأدني قيمه 28.5 ومتوسطها (30.7) ومن خلال هذه النتائج يتضح تقارب درجات الحرارة سواء كانت الرطبة او الجافة او درجات حرارة الجو وهذا يشير الى توازن وتناغم بيئي داخل وحدة الهضم اللاهوائي مما

ساهم في انتاج غاز الميثان ويرجع تقارب درجات الحرارة الى توافر الظروف المثلي لبكتيريا الميثنوجينية (Methanogenic bacteria) وتوازن مكونات العينة العضوية (الكربوهيدرات، والبروتينات، والدهون).

وكانت أقصى درجة الاس الهيدروجيني (pH) 3.9 وأدني قيمة 3.5 والمتوسط (3.7)، وبما ان الهضم اللاهوائي هو عملية بيولوجية حيث تقوم الكائنات الحية الدقيقة بتفكيك المواد العضوية في غياب الأكسجين. خلال هذه العملية، يتم تحويل المركبات العضوية المعقدة إلى جزيئات أبسط، بما في ذلك الأحماض والغازات المختلفة. وقد يكون السبب الرئيسي لانخفاض مستويات الأس الهيدروجيني في جهاز الهضم اللاهوائي مع بقايا الطعام هو تراكم الأحماض الدهنية



المتطايرة (VFAs) وهي عبارة عن مجموعة من الأحماض العضوية والذي يؤدي تراكمها إلى انخفاض الاس الهيدروجيني داخل الهاضم. مما يؤدي الى زيادة الامونيا داخل الهاضم مما يسبب تثبيط في عملية انتاج الغاز الحيوي (Li & Shimizu 2023).

الشكل (4). المعاملة (A) درجات الحرارة الرطبة والجافة ودرجة حرارة الجو والاس الهيدروجيني خلال فترة 32 يوم

المعاملة (B) روث الابقار:

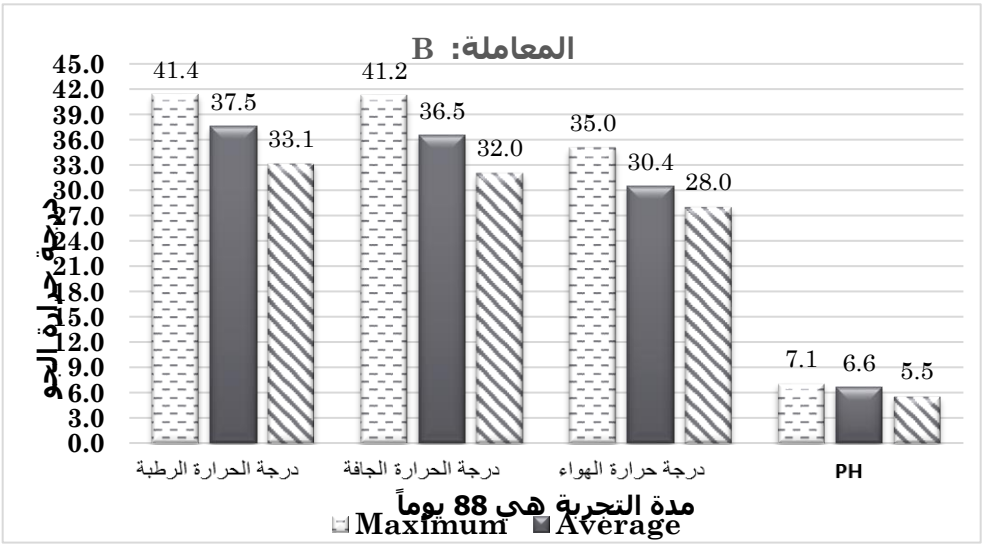
تظهر البيانات المقدمة في الشكل (5) درجات الحرارة الرطبة والجافة ودرجة حرارة الجو ودرجة الاس الهيدروجيني (pH) لعينات الدراسة المعاملة (B) خلال فترة 88 يومًا من زمن استبقاء الركيزة داخل الهاضم. حيث أوضحت القياسات تقارب درجات الحرارة الرطبة والتي كانت أقصى قيمه 41.4 وادني قيمة 33.1 والمتوسط (37.5) وأيضاً درجات الحرارة الجافة كانت أقصي قيمة 41.2 وأدني قيمة 32.0 ومتوسطها (36.5)، وكانت أقصي قيمة لدرجات حرارة الجو 35.0 وأدني قيمه 28.0 ومتوسطها (30.4) على الرغم من أن النتائج تبين تقارب درجات الحرارة الرطبة والجافة ودرجات حرارة الجو، إلا أنه من المهم مقارنتها مع نتائج دراسات سابقة لتفهم السياق الأوسع والتأثير المحتمل لهذه النتائج.

تم اكتشاف أن هذا التقارب يلعب دورًا رئيسيًا في تشكيل بيئة ملائمة لنشاط البكتيريا المسؤولة عن هضم المواد العضوية وإنتاج الغاز الحيوي. بالإضافة إلى ذلك تلعب درجات حرارة الجو دورًا حيويًا هاما، حيث يمكن أن يساهم التقارب فيها في تحقيق توازن في العمليات البيولوجية داخل الهضم، مما يؤدي إلى تحسين إنتاج الغاز الحيوي.

تتفاعل الكتل الحيوية المختلفة بشكل فريد مع التغيرات في درجات الحرارة أثناء عمليات الهضم اللاهوائي، وهذا قد يتسبب في تغيرات في بنية ووظيفة المجتمع الميكروبي. يعتبر فهم هذه التغييرات في المجتمعات الميكروبية ذات أهمية خاصة، حيث يمكن أن تؤثر على معدلات إنتاج الميثان عند تغير درجات الحرارة (Liu et al.,2018).

كذلك أظهرت نتائج الدراسة أن أقصى قيمة للأس الهيدروجيني (pH) كانت 7.1، في حين كانت أدنى قيمة 5.5، وكان متوسط القيم (6.6). تعكس هذه القيم مستويات متوسطة من الحموضة في وحدة الهضم اللاهوائي أثناء إنتاج الغاز الحيوي من بقايا روث الأبقار، وهذه تتفق مع دراسة من قبل (Pasalari et al., 2021) حيث تم تحليل تأثير القيم الهيدروجينية (pH) على إنتاج الغاز الحيوي. ووجدت الدراسة أن الأس الهيدروجيني (pH) يمكن أن يكون له تأثير كبير على تركيب المجتمعات الميكروبية داخل وحدة الهضم اللاهوائي. وبالتالي، يمكن أن تلعب هذه القيم دورًا حاسمًا في تنوع البكتيريا ونشاطها، وبالتالي تحفيز إنتاج الغاز الحيوي. كذلك يتفق ذلك مع دراسة أخرى قام بها (Mao et al ., 2017) إلى أن توازن الأس الهيدروجيني (pH) يمكن أن يؤثر على كفاءة عملية إنتاج الغاز الحيوي. وتشير نتائج الدراسة إلى أن تقلبات كبيرة في الأس الهيدروجيني قد تؤدي إلى تحفيز بعض البكتيريا وتثبيط أخرى، مما يمكن أن يؤثر على تركيب الميكروبات وبالتالي يؤثر على إنتاج الغاز الحيوي.

وعليه يمكن القول أن الأس الهيدروجيني (pH) يلعب دورًا حاسمًا في إنتاج الغاز الحيوي في ظروف الهضم اللاهوائي. وتؤكد الدراسات أن توازن الأس الهيدروجيني قد تكون مفيدة لتحسين كفاءة إنتاج الغاز الحيوي. وبناء على هذه النتائج تعتبر درجة الحرارة الرطبة والجافة ودرجة حرارة الجو عوامل محفزة لإنتاج الغاز الحيوي (Babaee et al., 2013).



الشكل (5). المعاملة (B) درجات الحرارة الرطبة والجافة ودرجة حرارة الجو والاس الهيدروجيني خلال فترة 88 يوم

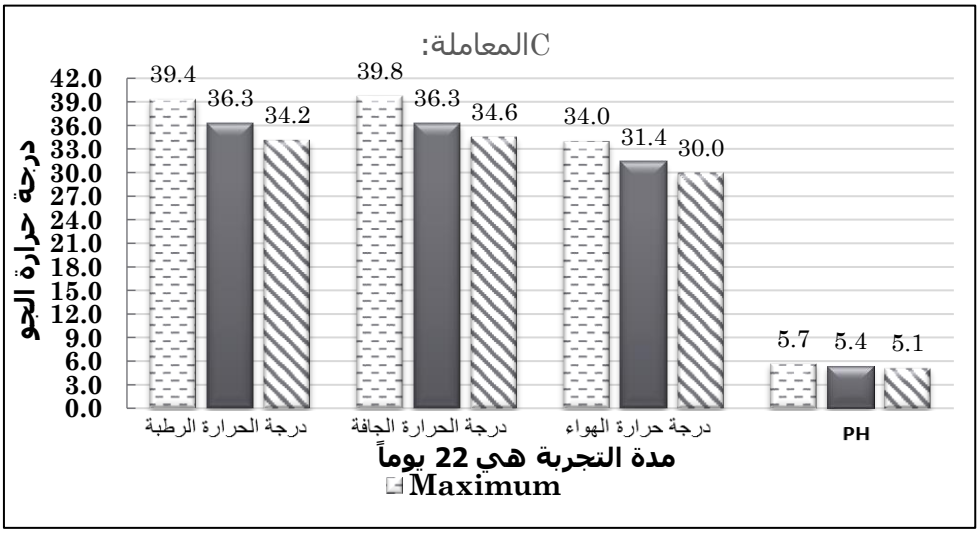
المعاملة (C) خليط روث الابقاروبقايا الاطعمة:

تظهر البيانات المقدمة في الشكل (6) درجات الحرارة الرطبة والجافة ودرجة حرارة الجو ودرجة الحموضة لعينات الدراسة خلال فترة 22 يومًا من زمن استبقاء الركيزة داخل الهاضم.

وأوضحت قياسات درجات الحرارة الرطبة أقصى قيمه 39.4 وادني قيمة 34.2 والمتوسط (36.3) وأيضاً درجات الحرارة الجافة كانت أقصي قيمة 39.8 وأدني قيمة 34.6 ومتوسطها (36.3) ، وكانت أقصي قيمة لدرجات حرارة الجو 34.0 وأدني قيمه 30.0 ومتوسطها (31.4). يتجلى من هذه النتائج تقارب درجات الحرارة الرطبة والجافة وحرارة الجو، مما يشير إلى انسجام الظروف المحيطية داخل وحدة الهضم.

وهذا يتفق مع دراسة قام بها (Nie et al., 2021) إلى أهمية استقرار درجات الحرارة في تحسين عملية الهضم اللاهوائي. حيث أن درجات الحرارة المتوسطة والمستقرة يمكن أن تحفز نمو البكتيريا الميثانوجينة (Methanogenic bacteria) وتعزز من كفاءة إنتاج الغاز الحيوي. كذلك تتفق مع دراسة أخرى قام بها (Shu et al., 2022) أن الظروف المثلى لعملية الهضم اللاهوائي تتضمن درجات حرارة متوسطة وموازنة للرطوبة. وتوصلت هذه الدراسة إلى أن هذه الظروف يمكن أن تؤثر إيجابيًا على نشاط البكتيريا الميثانوجينة (Methanogenic bacteria) وبالتالي تعزز من إنتاج الغاز الحيوي.

ايضا أظهرت نتائج البحث أن أقصى قيمة للأس الهيدروجيني (pH) كانت 5.7، في حين كانت أدنى قيمة 5.1، وكان متوسط القيم (5.4). ومن النتائج المذكورة والدراسات السابقة، يمكن استنتاج أن تقارب درجات الحرارة الرطبة والجافة وحرارة الجو تعكس وجود ظروف مثلى داخل وحدة الهضم اللاهوائي، وهو ما يعزز من تحسين عملية إنتاج الغاز الحيوي.



الشكل (6). المعاملة (C) درجات الحرارة الرطبة والجافة ودرجة حرارة الجو والاس الهيدروجيني خلال فترة 22 يوم

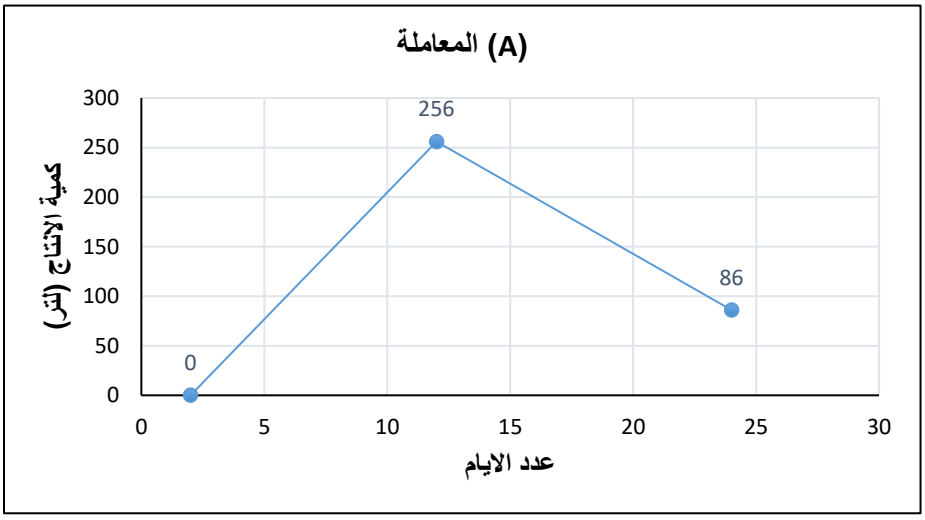
إنتاج الغاز الحيوي (الميثان) في الدراسة

المعاملة (A) - إنتاجية الغاز الحيوي مخلفات منزلية (بقايا الأطعمة):

يبين الشكل رقم (7) والجدول رقم (1) الإنتاج التراكمي للغاز الحيوي خلال فترة الهضم البالغة 32 يوماً والذي بلغ 342 لتر/ 40 كجم (المعاملة A). إذ نجد أن قيم حجم الغاز الحيوي المنتج بعملية الهضم اللاهوائي للمخلفات المنزلية العضوية، ازدادت بشكل تدريجي من الصفر لتبلغ ذروتها في اليوم الثاني عشر حيث بلغ حجم الغاز الحيوي المنتج مقدار 256 لتر، ثم عاود الانخفاض، ليبلغ 86 لتر في اليوم الرابع والعشرين، اي بمعدل 10.687 لتر/40 كجم / اليوم، ما يعادل مقدار 0.27 لتر/ كيلو جرام واحد / اليوم كما موضح في الجدول رقم (1).

في المراحل الأولية من الهضم اللاهوائي داخل المكمر، تتكون كميات كبيرة من الغاز نتيجة لتحلل المواد العضوية السريع. هذا يمكن أن يفسر الزيادة السريعة في إنتاج الغاز حتى اليوم الثاني عشر. ويرجع انخفاض الغاز الحيوي مع الزمن الى تحلل المواد العضوية واستهلاكها خلال المرحلة الاولى من الانتاج. كذلك تراكم المواد المثبطة: خلال عملية الهضم اللاهوائي، قد تتكون مواد مثبطة مثل الأحماض الدهنية ذات السلسلة الطويلة، هذه المواد قد تقلل من نشاط البكتيريا وبالتالي تقليل إنتاج الغاز. بالإضافة الى ذلك قد يحدث تغير في توازن البكتيريا المشاركة في الهضم اللاهوائي، مما يؤدي إلى انخفاض في إنتاج الغاز.

ظروف الهضم مثل درجة الحرارة المختلفة والرقم الهيدروجيني (pH) يمكن أن تؤثر على إنتاج الغاز كما هو مبين في هذه الدراسة الجدول رقم (1). إذا لم تكن هذه الظروف مثلى، فقد يتم خفض إنتاج الغاز (Gaby et al.,2017) .



الشكل (7). كمية انتاج غاز الميثان (لتر) / 40 كجم كتلة حية

المعاملة (B) - إنتاجية الغاز الحيوي - روث الابقار:

يبين الشكل رقم (8) والجدول رقم (1) الإنتاج التراكمي للغاز الحيوي خلال فترة الهضم البالغة 88 يوماً والذي بلغ 1975 لتر/ 40 كجم المعاملة (B)، حيث نجد أن قيم حجم الغاز الحيوي المنتج بعملية الهضم اللاهوائي لعينة روث الابقار كانت متذبذبة وبلغ اعلى معدل لحجم الغاز الحيوي المنتج 268 لتر/ في اليوم الخمسون، ثم عاود الانخفاض، ليبلغ 84

لتر/ في اليوم الثامن والثامنون، بمعدل يومي 22.44 لتر/ 40 كجم / اليوم، اي مقدار 0.56 لتر/ كيلو جرام واحد / اليوم كما موضح في الجدول رقم (1).

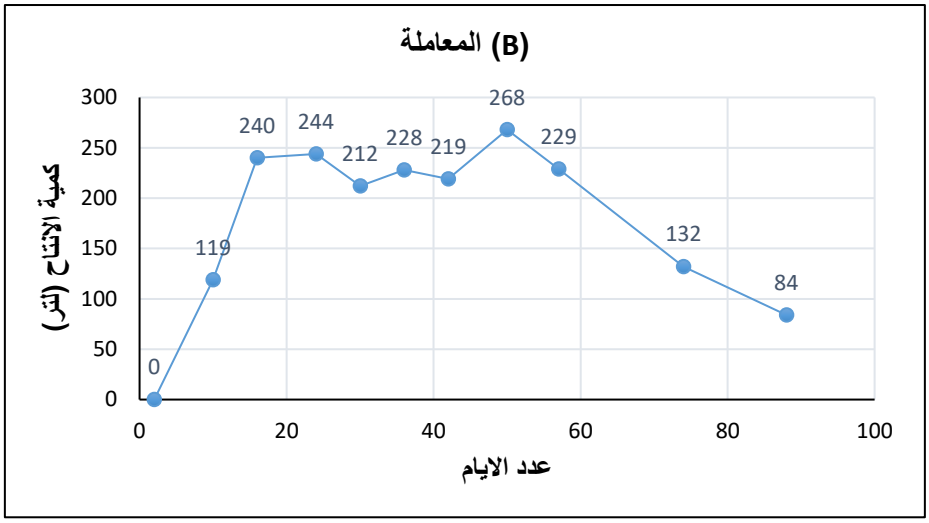
ان التذبذب في إنتاج الغاز الحيوي على مر الأيام. يعود لعوامل مختلفة مثل التغير في خصائص الهاضم اللاهوائي والظروف المحيطة مثل درجات الحرارة الرطوبة والجافة وحرارة الجو، والرقم الهيدروجيني (pH) كما هو مبين في هذه الدراسة الجدول رقم (1). وبالرغم من التذبذب، يمكن ملاحظة وجود اتجاه صاعد في الإنتاجية حتى منتصف الفترة تقريبًا، ومن ثم بدأت الإنتاجية في التراجع.

المعاملة (C) - إنتاجية الغاز الحيوي - الخليط (بقايا الأطعمة وروث الابقار):

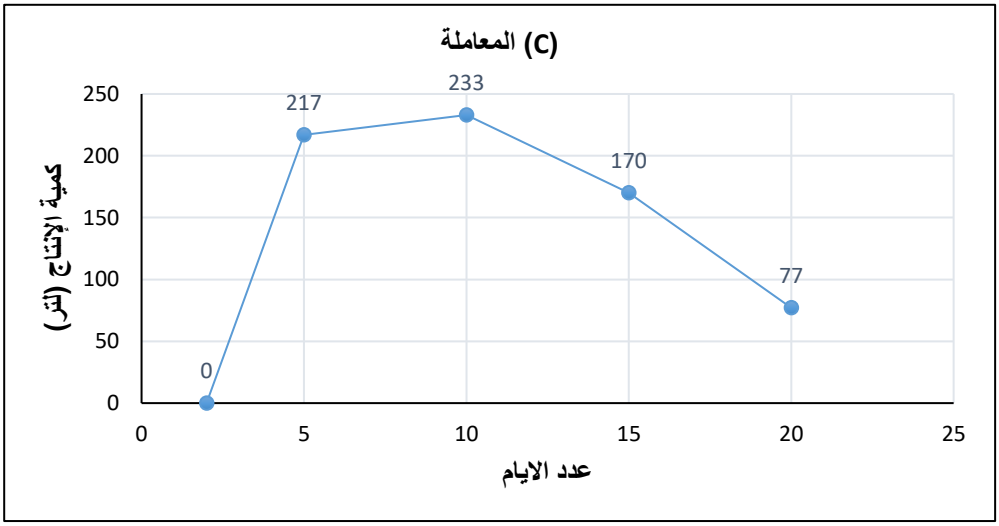
يبين الشكل رقم (9) والجدول رقم (1) الإنتاج التراكمي للغاز الحيوي خلال فترة الهضم البالغة 22 يوم والذي بلغ 697 لتر/ 40 كجم المعاملة (C)، حيث نجد أن قيم حجم الغاز الحيوي المنتج بعملية الهضم اللاهوائي لعينة الخليط ازدادت بشكل تدريجي من الصفر لتبلغ ذروتها في اليوم العاشر حيث بلغ كمية الغاز الحيوي المنتج 233 لتر، ثم عاود الانخفاض، ليبلغ 77 لتر في اليوم الثاني والعشرون، بمعدل 31.68 لتر/ 40 كجم / اليوم، اي مقدار 0.79 لتر/ كيلو جرام واحد / اليوم كما موضح في الجدول (1).

عند استخدام خليط من روث الأبقار وبقايا الأطعمة في الهضم اللاهوائي، فإن الإنتاجية قد تعتمد على توازن الخليط والظروف المحيطة. قد يكون هناك عوامل مثل التغير في التركيب الكيميائي للمواد الداخلة في الكتلة الحية أو التغير في الظروف البيئية التي تؤثر على البكتيريا المسؤولة عن عملية الهضم. كذلك يعتبر استخدام خليط من مصادر مختلفة للمواد العضوية (روث الأبقار وبقايا الأطعمة) قد يزيد من الاستقرار والإنتاجية في الهضم اللاهوائي. (Gaby et al., 2017) لكن يجب أخذ العناية بتوازن التركيب الكيميائي وضمان استقرار الظروف المحيطة لتحقيق أقصى قدر من الإنتاجية (Zhang et al., 2014).

عند النظر في عينة بقايا الأطعمة المعاملة (A) بالمقارنة مع عينة روث الأبقار المعاملة (B)، نلاحظ أن الأس الهيدروجيني (pH) لبقايا الأطعمة كان منخفضًا وبلغ متوسطة 3.7 كما هو مبين في الشكل رقم (4). بينما كان الأس الهيدروجيني (pH) لروث الأبقار قريبًا من المعتدل قيمته 6.6 كما هو مين في الشكل رقم (6). هذه الملاحظات تدل على أن عملية الخلط قد أثرت في تكوين الخليط، حيث ساهم رقم الاس الهيدروجيني (pH) في المعاملة (A) في خفض رقم الاس الهيدروجيني (pH) في معاملة الخلط (C) مما إثر سلبا عن خفض انتاج الغاز تدريجيا بعد 10 ايام وكذلك في زمن التجربة كما هو مبين في الشكل (6) والجدول رقم (1).



الشكل (8). كمية انتاج غاز الميثان (لتر) / 40 كجم كتلة حية



الشكل (9). كمية انتاج غاز الميثان (لتر) / 40 كجم كتلة حية

التحليل الاحصائي في الدراسة:

اشارت نتائج تحليل التباين في جدول (1) الى وجود فروقات ذات دلالة إحصائية بفروق عالية المعنوية بين المخلفات المنزلية العضوية وروث الابقار والخليط في درجة الحرارة الرطبة ودرجة حرارة الجو والاس الهيدروجيني بينما لم تكن هناك فروق معنوية في درجة الحرارة الجافة.

يبين الجدول رقم (1) الى وجود فروقات معنوية في درجة الحرارة الرطبة وكانت اعلى معدلاتها في المعاملة (B) وهي (روث ابقار) حيث وصلت متوسط درجة حرارتها الى 37.5، وكانت المعاملة (A) وهي (المخلفات المنزلية العضوية) 36.8 اما

المعاملة (C) وهي خليط (بقايا الأطعمة وروث الابقار) كانت اقل متوسط في درجة الحرارة الرطبة 36.3، نلاحظ أيضا ان الفروقات المعنوية بين المتوسطات كانت بين روث الابقار والخليط اما المخلفات المنزلية لم تكن هناك فروق ذات دلاله إحصائية.

ويُعزى السبب وراء ارتفاع درجات الحرارة الرطبة أثناء عملية الهضم اللاهوائي لعينة روث الأبقار إلى النشاط البيولوجي للبكتيريا الميثانوجينية (Methanogenicbacteria). حيث تعمل هذه البكتيريا على تفكيك المواد العضوية في الروث تحت ظروف غياب الأكسجين، مما يؤدي إلى إفراز غاز الميثان هذه العملية تتطلب إعدادًا محيطا متخصصًا يشمل ارتفاع درجات الحرارة الرطبة، والذي يؤثر بشكل إيجابي على نشاط البكتيريا وسرعة عملية تكوين وتحرير الغاز الميثان.

كذلك يوضح الجدول رقم (1) عدم وجود فروقات معنوية في درجة الحرارة الجافة وكانت اعلى معدلاتها في المعاملة (B) وهي (روث ابقار) حيث وصلت متوسط درجة حرارتها الى 36.5 وكانت المعاملة (C) وهي خليط (بقايا الأطعمة وروث الابقار) 36.3، اما المعاملة (A) (المخلفات المنزلية العضوية) كانت اقل متوسط في درجة الحرارة الجافة 36.2. ويرجع السبب عدم وجود فروق معنوية في درجات الحرارة الجافة لإنتاج غاز الميثان يرتكز على تكيف البكتيريا الميثانوجينية (Methanogenic bacteria) عند درجة حرارة محددة. تلك البكتيريا تبدو قادرة على التكيف بفعالية مع التغيرات في البيئة المحيطة بها، مما يسمح لها بالنمو والاستقرار في نطاق محدد من درجات الحرارة الجافة. تأتي هذه القدرة على التكيف كآلية تساهم في تقليل تأثير التقلبات في درجات الحرارة الجافة على معدل إنتاج غاز الميثان. وبهذا الشكل، يمكن للتكيف أن يقوم بتقليل الفروق المعنوية في النتائج ويجعل الإنتاج مستقرًا على الرغم من التغيرات في درجات الحرارة الجافة|.

كما يوضح الجدول رقم (1) الى وجود فروقات معنوية في متوسط درجة حرارة الجو وكانت اعلى معدلاتها في المعاملة (C) وهي خليط (بقايا الأطعمة وروث الابقار) حيث وصلت الى 31.4 وكانت المعاملة (A) وهي (المخلفات المنزلية العضوية) 30.7، بينما المعاملة (B) (روث ابقار) حصلت على اقل متوسط في درجة الحرارة الجو 30.4. نلاحظ ان الفروقات المعنوية للمتوسطات كانت في الخليط اما المخلفات المنزلية وروث الابقار لم تكن هناك فروق بينها.

كذلك اكدت نتائج الجدول رقم (1) الى وجود فروقات معنوية في الاس الهيدروجيني (pH) وكانت اعلى معدلاتها في المعاملة (B) وهي (روث ابقار) حيث وصلت متوسط الاس الهيدروجيني (pH) بها الى 6.6 وكانت المعاملة (C) وهي خليط (بقايا الأطعمة وروث الابقار) سجلت 5.4، اما المعاملة (A) وهي (المخلفات المنزلية العضوية) حصلت على اقل متوسط 3.7. نلاحظ ان الفروقات المعنوية كانت بين جميع المعاملات. ويرجع سبب ارتفاع الأس الهيدروجيني (pH) في عينة روث الأبقار إلى نشاط البكتيريا الميثانوجينية (Methanogenic bacteria) أثناء عملية الهضم اللاهوائي، ويمكن أن يؤدي تحلل المواد العضوية إلى إنتاج الهيدروجين أثناء مرحلة الهضم، لكن هذه العملية تؤدي عادة إلى انخفاض الرقم الهيدروجيني بسبب إنتاج الأحماض المتطايرة، وليس زيادتها. حيث ان عملية إنتاج الهيدروجين من خلال التولد الحمضي تميل إلى تحمض البيئة، وليس قلويتها (Arslan et al.,2015).

جدول1: تأثير المعاملات (A,B,C) على درجات الحرارة الرطبة والجافة والجو والـ (pH) خلال فترة التجربة

وحدة القياس	مدة التجربة (اليوم)	درجة الحرارة (الجو)	درجة الحرارة (الرطبة)	درجة الحرارة (الجافة)	الاس الهيدروجيني (pH)	انتاجية غاز الميثان لتر / المعاملة	انتاجية غاز الميثان لتر / اليوم	انتاجية غاز الميثان Kg / لتر
المعاملات A ; B; C	متوسط النتائج عن كل معاملة خلال فترة التجربة							
مخلفات منزلية (A)	32	b30.7	8 ab.36	2 a.36	c3.7	342 c	10.7 c	0.27 c
روث ابقار (B)	88	b 30.4	a37.5	a36.5	a 6.6	1975 a	22.4 b	0.56 b
خليط (C)	22	a31.4	b36.3	a 36.3	b 5.4	697 b	31.6 a	0.79 a
L.S.D - 0.05		**	**	Ns	**	**	**	**

النتائج في الاعمدة مع حروف غير متشابه تدل على فروق معنوية عند احتمالية احصائية / P=0.05

الاستنتاجات:

تعتبر هذه الدراسة خطوة هامة نحو الاستدامة البيئة والاقتصاد البيئي في منطقة الدراسة مدينة طبرق - شرق ليبيا. إن إنتاج غاز الميثان من المخلفات العضوية (الكتلة الحية) يعد خيارًا واعدًا لتوليد الطاقة النظيفة، مع تحسين أداء عمليات الهضم اللاهوائي. حيث يظهر التأثير الإيجابي لتركيب معاملة الخليط (C) وهي (بقايا الأطعمة وروث الابقار) على إنتاجية غاز الميثان، مما يشير إلى أهمية تحسين تركيب المواد داخل وحدة الهضم. بالإضافة إلى ذلك، تسلط هذه الدراسة الضوء على الأثر المباشر للعوامل التشغيلية مثل درجة الحرارة الرطبة والحرارة الجافة وحرارة الجو والرقم الهيدروجيني على انتاج غاز الميثان المستخرج. ويمكن أن تكون هذه النتائج قاعدة لتحسين عمليات إنتاج الطاقة من خلال التحكم الدقيق في هذه العوامل.

تؤكد هذه الدراسة الى الاستفادة القصوى من استراتيجيات تطوير ادارة النفايات العضوية (الكتلة الحية) وسبل وطرق استغلالها كمصدر رئيسي للطاقات المتجددة لغرض توليد الطاقة الخضراء، الطاقة النظيفة، مما يسهم ذلك في تعزيز الاستدامة البيئية والاقتصاد الوطني والمحافظة على البيئة.

7. التوصيات:

- تعميم تقنية الهضم اللاهوائي في الريف الليبي الذين يهتمون بتربية المواشي والابقار وتقديم الدعم المادي والتقني للأسر الراغبة في تنفيذ هذه التقنية.
- إنشاء نماذج مخبرية في الكليات والمعاهد وتجهيزها بأجهزة قياس نسب الغازات لتحديد الظروف المثلي لعمل المخمرات.
- إقامة محطات كبيرة لمعالجة نفايات المنازل العضوية واستخدام الغاز المنتج في توليد الكهرباء أو غاز طهي. هذا يساهم في حل مشكلة مكبات القمامة وتوليد طاقة نظيفة.
- تشجيع التعاون بين القطاعين العام والخاص والمنظمات غير الحكومية لتعزيز تنفيذ مشاريع تقنية الهضم اللاهوائي وتبادل الخبرات والمعرفة.
- تقديم المشروع الي الوزارات والهيئات ذات الاختصاص للتعميم وتمويل مثل تلك المشاريع الاستراتيجية مثل تقنية الهضم اللاهوائي التي تساهم في انتاج طاقة نظيفة وحماية البيئة من التلوث.

المصادروالمراجع:

Arslan, C., Sattar, A., Changying, J., Nasir, A., Mari, I. A., & Bakht, M. Z. (2015). Impact of pH management interval on biohydrogen production from organic fraction of municipal solid wastes by mesophilic thermophilic anaerobic codigestion. *BioMed Research International, 2015*, 1–9. https://doi.org/10.1155/2015/130568

Babaee, A., Shayegan, J., & Roshani, A. (2013). Anaerobic slurry co-digestion of poultry manure and straw: Effect of organic loading and temperature. *Journal of Environmental Health Science and Engineering, 11*(1), 15.

Ball, D. (2011). *Introductory chemistry*. Saylor Foundation.

EIA. (2021). *International Energy Outlook 2021*. U.S. Energy Information Administration.

Gaby, J. C., Zamanzadeh, M., & Horn, S. J. (2017). The effect of temperature and retention time on methane production and microbial community composition in staged anaerobic digesters fed with food waste. *Biotechnology for Biofuels, 10*(1), 1–13.

Gomez, K. A., & Gomez, A. A. (1984). *Statistical procedures for agricultural research* (2nd ed.). John Wiley and Sons.

Haider, M. R., Zeshan, Sohail, Y., Malik, R. N., & Visvanathan, C. (2015). Effect of mixing ratio of food waste and rice husk co-digestion and substrate to inoculum ratio on biogas production. *Bioresource Technology, 190*, 451–457.

Hassan, M. A. M. (2004). *The feasibility of family biogas production from mixed organic wastes in Palestinian rural areas* [Master's thesis, An-Najah National University].

Hossain, M. K., & Fujimoto, M. (2011). Methane production from livestock manure: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews, 15*(7), 3295–3304.

Jang, H. M., Ha, J. H., Kim, D. H., & Kim, H. S. (2018). Evaluation of methane production from food waste leachate with high strength in anaerobic digestion process. *Journal of Environmental Management, 206*, 1190–1195.

Kabir, M., Habiba, U. E., Khan, W., & Rahim, S. (2023). Climate change due to increasing concentration of carbon dioxide and its impacts on environment in 21st century; a mini review. *Journal of King Saud University - Science, 35*(4), 102693.

Kumar, S., Jain, S., & Singh, R. K. (2021). Environmental impacts of fossil fuels. In C. M. Hussain (Ed.), *Handbook of environmental materials management* (pp. 1–24). Springer.

Li, X., & Shimizu, N. (2023). Biochar-promoted methane production and mitigation of acidification during thermophilic anaerobic co-digestion of food waste with crude glycerol: Comparison with re-inoculation. *Sustainable Environment Research, 33*(4), 1–13.

Liu, C., Wachemo, A. C., Tong, H., Shi, S., Zhang, L., Yuan, H., & Li, X. (2018). Biogas production and microbial community properties during anaerobic digestion of corn stover at different temperatures. *Bioresource Technology, 261*, 93–103.

Mao, C., Zhang, T., Wang, X., Feng, Y., Ren, G., & Yang, G. (2017). Process performance and methane production optimizing of anaerobic co-digestion of swine manure and corn straw. *Scientific Reports, 7*(1), 1–10.

Moriarty, P. (2022). Can bioenergy once again become a major global energy source. *Encyclopedia, 2*(3), 1357–1369.

Nie, E., He, P., Zhang, H., Hao, L., & Shao, L. (2021). How does temperature regulate anaerobic digestion? *Renewable and Sustainable Energy Reviews, 150*, 111453.

Pasalari, H., Gholami, M., Rezaee, A., Esrafili, A., & Farzadkia, M. (2021). Perspectives on microbial community in anaerobic digestion with emphasis on environmental parameters: A systematic review. *Chemosphere, 270*, 128618.

REN21. (2021). *Renewables 2021 Global Status Report*. Renewable Energy Policy Network for the 21st Century.

Shu, C., Jaiswal, R., Kuo, M., & Yu, B. (2022). Enhancing methane production in a two-stage anaerobic digestion of spent mushroom substrate and chicken manure via activation of sludge, optimization of temperature, and C/N ratio. *Frontiers in Environmental Science, 9*, 1–14.

Biogas Production from Organic Waste as a Sustainable Approach to Promote Clean Energy in Tobruk City

Rizqullah Abdullah Younis Musbah, Mohamed Naji Taher Masoud, Ahmed Abdulsalam Awad Mohamed, and Saad Raheel Ali Arwaie

Department of Natural Resources, Faculty of Natural Resources and Environmental Sciences, University of Tobruk, Libya

Abstract

This study aimed to evaluate the production of biogas from organic waste in the city of Tobruk using anaerobic digestion technology, as a sustainable option for generating clean energy and reducing environmental pollution caused by waste accumulation. A field experiment was conducted using nine anaerobic digesters (each with a capacity of 200 liters), divided into three treatments: household waste (A), cow dung (B), and an equal mixture of both (C), with three replicates per treatment. Each digester was filled with 40 kg of organic material and water was added at a ratio of 1:2.5. Temperature (ambient and internal) and pH were monitored daily, and biogas production was measured using the

water displacement method. The effects of operational conditions (temperature and pH) on methane production rates during the digestion period were analyzed.

The results showed that the mixture treatment (C) outperformed the others in methane production, with an average daily yield of 0.79 liters per kilogram over a 22-day retention period (total 697 liters from 40 kg, average pH = 5.4). In contrast, household waste (A) recorded the lowest methane yield, at 0.27 liters/kg/day over 32 days (total 342 liters, average pH = 3.7), due to increased acidity resulting from the accumulation of volatile fatty acids. Cow dung (B) achieved a yield of 0.56 liters/kg/day over 88 days (total 1975 liters, average pH = 6.6).

These differences indicate that combining different types of waste under stable thermal conditions improves degradation efficiency (nutrient balance and pH), enhancing biogas production and accelerating the process. The study confirms that anaerobic digestion is a promising and sustainable method for clean energy production in Tobruk, contributing to the conversion of organic waste into a renewable energy source and reducing harmful gas emissions and landfill waste.

Keywords: Anaerobic digestion; Biogas production; Environmental sustainability; Organic waste; Renewable energy.

The First Scientific Conference of the Faculty of Science - Sirte University Environmental Pollution and Challenges of Environmental Sustainability (EPESC), Oct.14, 2025

رصد المخاطر البيئية وآثارها على المواقع الأثرية في مدينة لبدة الكبرى شمال غرب ليبيا

سليمان الحويمدي[1] ، عبد السلام المثناني[2]، الهادي أبو قرين[3]، علي عكاشة[4]
[1]قسم علوم البيئة، كلية العلوم الخمس، جامعة المرقب، ليبيا
[2]قسم علوم البيئة، كلية البيئة والموارد الطبيعية، جامعة وادي الشاطئ، ليبيا
[3]مدير عام المركز الليبي لأبحاث تغير المناخ، ليبيا
[4]كلية العلوم، الجامعة الأسمرية، والمركز الليبي لأبحاث التنمية المستدامة
Corresponding Author Email: soalhuweemdi@elmergib.edu.ly

Article History:

Received: 09 April 2025

Revised: 26 May 2025

Published: 15 November 2025

الكلمات المفتاحية:

التأثيرات البيئية؛ تلوث الهواء؛ الخمس؛ عوامل المناخ؛ لبدة الكبرى؛ المواقع الأثرية.

ملخص البحث: استهدفت هذه الدراسة تقييم فعالية المسوحات الأثرية واسعة النطاق في مدينة لبدة الكبرى باستخدام تقنيات متقدمة مثل التصوير الفوتوغرافي والمسوحات الميدانية، بهدف تحسين إدارة المواقع الأثرية وحمايتها بيئيًا وثقافيًا. ركزت الدراسة على تحليل التفاعل بين البيئة والتراث الحضري، معتمدًا على بيانات دقيقة جمعت خلال فترة زمنية محددة، مما سمح برصد التغيرات وتأثيراتها بمرور الوقت، أظهرت النتائج أن هذه المسوحات تعزز فهم السياق البيئي للمواقع الأثرية، حيث ساهمت تقنيات التصوير في توثيق حالتها وتقييم التهديدات المحتملة. كما أكدت الدراسة على أهمية دمج التقنيات الحديثة في التخطيط الحضري المستدام، لا سيما في مواجهة تحديات مثل التوسع العمراني والتلوث وتغير المناخ، والتي قد تؤثر على سلامة المواقع الأثرية عبر عوامل كالتعرية أو فقدان التنوع البيولوجي، ورغم عدم تحديد حجم عينة الدراسة أو تفصيل جميع التأثيرات البيئية المباشرة، إلا أنها أبرزت الحاجة إلى تعاون متعدد التخصصات لموازنة التنمية والحفاظ على التراث. خلُصت الدراسة إلى أن المسوحات المتقدمة تقدم أدوات فعّالة لرصد المخاطر البيئية، لكنه أوصى بتوفير مزيد من التفاصيل في الدراسات المستقبلية لتحليل أكثر شمولًا للتأثيرات المحددة على المواقع الأثرية.

1. المقدمة:

تشتهر المدن الأثرية بكونها مواقع تاريخية تحمل آثار الحضارات القديمة وتعكس تاريخ وتراث الشعوب التي عاشت فيها. هذه المدن مفتوحة للجمهور وتُعد وجهات سياحية مهمة، حيث تعرض هندستها المعمارية القديمة ومعالمها التاريخية للزوار من جميع أنحاء العالم، وتتمتع المدن الأثرية بأهمية كبيرة لعدة أسباب. أولًا، تُقدم شهادة حية على تاريخ البشرية وتطورها،

مما يعزز فهم وتقدير الحضارات السابقة وتراثها. كما تُتيح فرصة لدراسة العمارة والفنون والتكنولوجيا القديمة، مما يُسهم في إثراء المعرفة العامة بالعالم القديم. (Coletti, 2024)، ومع ذلك، تواجه المدن الأثرية تحديات حقيقية فيما يتعلق بالحفاظ عليها وحمايتها. ويعود ذلك جزئيًا إلى التدهور الطبيعي الذي تتعرض له المباني والمعالم القديمة بمرور الوقت، كما يُمكن أن يكون للعوامل البيئية، مثل التعرض للأمطار والرياح وتغيرات المناخ، تأثير سلبي على الهياكل الأثرية، وقد تتعرض المدن الأثرية للسرقة والتخريب والتدمير المتعمد على يد أفراد غير مسؤولين (Sorrentino et al, 2024)، تواجه المناطق والمواقع الأثرية حول العالم العديد من المخاطر والأزمات والكوارث الطبيعية والبشرية والتي من شأنها تهدد المناطق والمواقع الاثرية بشكل مباشر مما يؤدى إلى هدم جزئي أو كلى لتلك المباني والمنشآت الأثرية والتراثية، ولعبت الابحاث العلمية دوراً مهما في مجال دراسة المناطق والمواقع الاثرية حول العالم في حالة المباني والمنشآت بصفة عامة والآثار بصفة خاصة، وذلك لبنائها في عصور وأزمنة مختلفة، والعلم الحديث له دور رئيسي في الحفاظ على تلك المباني والمنشآت الأثرية. (Abotleb & El-Mekawy, 2019).

تزخر ليبيا بالعديد من المواقع الأثرية الهامة على مستوى الإرث الإنساني العالمي، وبالإضافة الى جبال جبال أكاكوس التي تقع في جنوب ليبيا، وتشتهر بمنابعها الرائعة ومناظرها الطبيعية الخلابة، بما تحتويه من رسومات قديمة تعود إلى آلاف السنين، توجد أربعة من المدن الأثرية المهمة المصنفة من منظمة اليونسكو كجزء من الإرث الإنساني العالمي، من هذه المدن مدينة شحات القديمة التي تقع شمال شرق ليبيا، وهي مدينة شحات يونانية تطورت في العصر الروماني، تضم العديد من المعابد والمسارح وآثارًا ونصوصًا قديمة، وكذلك مدينة صبراتة القديمة التي تقع على الساحل الغربي لليبيا، وتضم العديد من المعالم الأثرية المتنوعة التي ترجع الى بداية العصرين الحديث والبيزنطي كالقلاع والأماكن الدينية والحمامات، اما مدينة غدامس القديمة فتقع في جنوب غرب ليبيا وهي محاطة بالأسوار والمنازل التقليدية، التي تنتهي بالأصداف والأحجار ويمتد تاريخها إلى العصور القديمة، وعلى رأس هذه المواقع الاثرية الهامة في ليبيا تأتي مدينة لبدة الكبرى، التي تقع شمال غرب ليبيا وتُعتبر من أهم المدن الأثرية في ليبيا، وتواجه المدن الأثرية في ليبيا عموما ومدينة لبدة تحديدا العديد من المخاطر التي تهدد بقاءها، منها الحروب والصراعات، حيث تُستهدف المواقع الأثرية في بعض الاحيان عسكريًا أو تُقصف عشوائيًا، مما يفقد البشرية تراثًا لا يُعوَّض. كما تتعرَّض هذه المواقع لخطر النهب والسرقة، مما يُفقد الدول تراثها الثقافي. (Bogdan, et al, 2022)، ويُعد الإهمال وعدم الصيانة والترميم إلى تدهور المواقع الأثرية. وأخيرًا، تُشكل السياحة غير المسؤولة تهديدًا كبيرًا، حيث يتسبب الزائرون غير المهتمين بالحفاظ على التراث في تخريب المواقع أو الإضرار بها، مما يستدعي تعزيز الوعي الثقافي وفرض إجراءات حماية صارمة. (Westley, et al, 2023)، بالإضافة إلى ذلك، تلعب المخاطر الطبيعية والبيئية دورًا كبيرًا في التدهور، مثل التآكل بفعل الأمطار والرياح والحرارة والتلوث.

تعد مدينة لبدة أحد اهم المواقع الاثرية في ليبيا لكونها تمثل حقبة هامة جدا من التاريخ الليبي حيث كانت عاصمة الدولة الرومانية في حقبة الامبراطور سيبتيموس سيفيروس، وتشتهر لبدة بمدينتها القديمة التي تعود إلى العصرين الأوروبي والبيزنطي، وتضم مسارح ومعابد وقصورًا مهمة، وغيرها من المواقع الاثرية التي تمثل جميع مظاهر الحياة في تلك الحقبة، وقد تأسست مدينة لبدة بواسطة الفينيقيين كمحطة تجارية خلال الألف الأول ق.م، واعتبرت من أهم مدن فينيقيا في ليبيا. يعود أقدم آثارها إلى القرن السادس ق.م، وازدهرت في العصر الروماني، خاصة في عهد الإمبراطور سيبتيموس سيفيروس، تميزت لبدة بموقعها الاستراتيجي وقربها من نهر عين كعام، مما ساهم في عمرانها السريع. على الرغم من انحطاطها في أواخر القرن السادس ق.م، حاول الإغريق تأسيس مستعمرة فيها، لكن القرطاجنيين استولوا عليها وأعادوا عمرانها، ومن أهم آثار المدينة تشمل حمامات هادريان، قوس سيبتيموس سيفيروس، والمسرح. عرفت المدينة في المصادر

التاريخية باسم "لبتس ميجالي" و"لبتس ماجنا"، ويعتقد أن اسمها مشتق من "لبقي" الفينيقي. ازدهرت لبدة في الفترة الرومانية، حيث أصبحت مركزاً حضارياً واقتصادياً. تاريخ المدينة شهد فترات من الازدهار والانحطاط، حيث تأثرت بالاحتلالات المختلفة، بما في ذلك الوندال والبيزنطيين. بحلول الفتح الإسلامي في القرن السابع الميلادي، لم يتبقَ من عمران المدينة سوى بقايا، وفي السنوات الأخيرة، تم اكتشاف آثار جديدة، مثل أرضية موزاييك تعود إلى القرن الأول والثاني الميلادي، مما يعكس الغنى التاريخي والثقافي للمدينة (Shahut, Ahweita,2025) ، ولما لهذه المواقع الاثرية من أهمية فانه يجب اتخاذ تدابير فعّالة لحمايتها من المخاطر التي تتعرض لها، والعديد من هذه التدابير متعارف عليه في الكثير من المواقع الاثرية العالمية، مثل التعاون بين الحكومات والهيئات الأثرية والمجتمعات المحلية لحماية هذا التراث الثقافي المهم، وإجراء عمليات ترميم وصيانة دورية للمباني والمعالم التاريخية، ورفع مستوى الوعي العام بأهمية المدن الأثرية وضرورة حمايتها، وتشجيع السياح على زيارتها بمسؤولية واحترام المواقع الأثرية، وتعزيز الوعي والتثقيف بالقيمة الثقافية والتاريخية لهذه المدن من خلال البرامج التعليمية وورش العمل والندوات.(Hollesen, et al, 2024)، وجل التدابير السابقة هي تدابير عامة للحميات من التعديات البشرية الا انها قد لا تفيد في حماية المدن الأثرية من المخاطر البيئية كالعوامل المناخية والتلوث البيئي، الذي يستوجب إجراءات وتدابير خاصة تبنى على دراسات تقييمية حقيقية لواقع هذه المدن الاثرية ونوع التأثيرات التي تتعرض لها، ومن هنا تظهر أهمية اجراء دراسات ميدانية لاستنباط اهم الاخطار البيئية المحدقة بهذه المواقع ومستوى خطورتها على هذا الإرث الإنساني (Okasha et al., 2022)

يمكن للعوامل البيئية، كالرطوبة والمواد الكيميائية، أن تؤثر سلبًا على المباني والمنشآت الأثرية بمرور الوقت، إذ تُسبب تآكلًا وتدهورًا لموادها، وتعتمد عمليات التجوية الطبيعية على نشؤ ضغط داخلي internal stress بالصخر مسبباً تكسره، وقد يتشقق الصخر بطول مستويات انفصال الى طبقات تختلف كثيراً في شكلها وحجمها حسب طبيعة تركيب الصخر (Kuzmichev et al., 2020)، ومن أهم عمليات التجوية الطبيعية ما يطلق عليه التجوية بالعزل (Megahed, 2020)، وتبلور الأملاح ممن محاليلها داخل الشقوق والفجوات وزيادة حجمها (Saaed et al., 2022)، **وتأثير** اختلاف معاملات التمدد والانكماش لمكونات الصخور، والأملاح المترسبة بشقوق وفجوات ومسام الصخور (Wang et al., 2023) ، تجمد الماء الموجود بشقوق وفجوات ومسام الصخر، والماء البللوري (Abotleb et al., 2019)، وعملية التأدرت الأملاح وزيادة حجمها (Giustetto, 2020)، وخف الحمل أو إزالة الضغط فوق الصخور بتعرية الطبقات السطحية من الصخر، (Markantonis et al., 2023)، التآكل بالاحتكاك عند انزلاق صخر فوق آخر، (Milanesi, et al, 2018)، أثر المد والجزر (Nikolaus et al., 2022)، تكرار تشرب الماء والجفاف (Sarno et al., 2021)، الضغط الميكانيكي لجذور النباتات الممتدة بين شقوق الصخور مسببا إزاحتها من مكانها وتكسرها، (KOPENETZ et al., 2018)، تأثير الحيوانات القارضة والحشرات، (Ruiz et al., 2023)، بالإضافة الى تأثير البراكين والهزات الأرضية والزلازل في إحداث التغييرات المفاجئة مثل تكسير وتحطيم لصخور القشرة الأرضية وتغيير لمعالم الطبيعة.

تتعرض المواقع الأثرية للتلوث البيئي الناتج عن النشاط الصناعي وتلوث الهواء وتلوث المياه، ولا تقتصر آثار تلوث الهواء على الكائنات الحية من إنسان وحيوان وطيور وأسماك، وإنما يمتد هذه التأثيرات أيضاً إلى المباني والآثار والمنشآت، إذ يقلل من عمر المباني ويزيد في معدلات تآكلها كما أنه يرفع من تكلفة صيانتها. كما انه يتسبب في تغير لون الأحجار وتشوهات جمالية للمباني والتماثيل الأثرية (Oliveira et al., 2021)، وتتعرض المدن لتأثيرات الطقس والتغيرات المناخية، كالأمطار الغزيرة والرياح العاتية والعواصف الرملية وتغيرات درجات الحرارة. وقد تُسبب هذه العوامل تآكل المباني والهياكل الأثرية مع مرور الوقت، حيث تؤثر حركة الهواء الرأسية والافقية بشكل كبير على التحكم في انتشار الملوثات ;Ruiz et al., 2023

(Sesana et al., 2021) ويؤثر الإشعاع الشمسي ودرجة الحرارة في التفاعلات الكيميائية للملوثات، حيث تزداد خطورتها مع شدة الإشعاع وانخفاض الحرارة. كما تساهم الرياح المحلية والثبات الجوي في حبس الملوثات، خاصة في المناطق المنخفضة، بينما تعمل الجبهات الهوائية على تبديدها تدريجياً. (Kumar et al., 2021)

هناك العديد من ملوثات الهواء الشائعة في بيئة المدن الحضرية وتعتبر اكاسيد النيتروجين والكبريت من اكثرها شيوعا وتأثيرا على المواقع الاثرية، وتنتج اكاسيد النيتروجين من احتراق الهواء عند درجات حرارة عالية (Alhewaimdei & Okasha, 2019)، وبعض الأنشطة البيولوجية الطبيعية (Westley et al., 2023)، ووسائل النقل (Andreou et al., 2022)، وتبلغ نسبته المنبعثة من مصادر صناعية ثابتة مثل الأفران الصناعية 30% ، أما 70% فتُنسب إلى محطات توليد الطاقة الكهربائية، وتساهم اكاسيد النيتروجين مع المُركّبات الهيدروكربونية في تكوين الغيوم السوداء في سماء بعض المدن (Gonzále et al., 2022)، وبالإضافة الى اكاسيد النيتروجين توجد أكاسيد الكبريت الملوثة للغلاف الجوي، والتي يعد غاز ثاني أكسيد الكبريت (SO_2) من أهمها على الإطلاق وأكثرها انتشارا في الغلاف الجوي، وهو غاز عديم اللون ذو رائحة قوية، وينجم عن حرق الوقود الأحفوري (Ibrahim et al 2012c & Altae et al., 2022) ، ويعتبر هذا الغاز من أشد ملوثات الهواء خطورة على النظام البيئي، بما فيه كل من الإنسان والحيوان والنبات على حدٍ سواء، والمسبب الرئيسي للمطر ألحامضي، وتساهم المصادر الطبيعية بحوالي 66% من كمية الكبريت الداخلة إلى الهواء الجوي، بينما النشاطات البشرية تساهم بـ 33% من كمية الكبريت (Natarajan et al., 2021)، وتزداد سنوياً بسبب عمليات التطور البشري، وازدياد الطلب على الطاقة، وزيادة تعدين الخامات المعدنية، والتي أغلبها في صورة كبريتيدات، (Raoufifar & Oudbashi, 2023)

وتهدف هذه الدراسة إلى تقييم التهديدات البيئية التي تواجه المواقع الأثرية في مدينة لبدة الكبرى الليبية بسبب الظواهر الطبيعية والعوامل البيئية، من أجل توفير بيانات علمية تساعد في التخطيط البيئي الفعال لصون التراث الثقافي في ليبيا.

2. موقع الدراسة وطريقة العمل:

2.1. موقع الدراسة

تم العمل في هذه الدراسة على مدينة لبدة الأثرية والتي تقع على الساحل الشمالي الغربي لليبيا عند مصب وادي لبده على بعد 3 كيلومترات شرقي مدينة الخمس، التي تبعد 120 كم شرق مدينة طرابلس عاصمة ليبيا، بين دائرتي عرض 35°35'25"N -35°55'84'N وخطي طول 18°15'01"E -18°15'23.13"E ، وتقسم المدينة الاثرية الى عدة مواقع اثرية كما يظهر من الشكل (1).

2.2. طريقة العمل

تعد الجولات الميدانية وعمليات المراقبة المستمرة والتصوير الفوتوغرافي أحد اهم الأدوات المستخدمة في تتبع التغيرات التي تطرأ على المواقع الاثرية بشكل عام بحيث يمكن دراستها في أي وقت فيما بعد، كما انها تسمح بإجراء المقارنات الزمنية عن طريق دراسة مجموعة صور التقطت في أوقات مختلفة لنفس المكان ومعرفة التغير الذي حدث على هذا المكان والتحقق من ظاهرة معينة (Shahut & Ahweita, 2025; POPPEMA et al., 2019; Balakrishnan et al., 2023; Nikolaus et al., 2023)، وبناء عليه اعتمدت هذه الدراسة في تقييم المخاطر البيئية التي تتعرض لها المدينة الاثرية على المنهج الوصفي حيث تم في البداية تجميع المعلومات والوثائق المتاحة عن المواقع الاثرية الهامة في المدينة، ومن ثم قام

الفريق البحثي بعدة جولات تفقدية لكل موقع من المواقع الاثرية داخل المدينة، ومن خلال المشاهدات العينية واخذ الصور الفوتوغرافية ومقارنتها بصور قديمة وبمواقع أخرى وتحليلها تم وصف اهم التأثيرات البيئية السلبية التي تتعرض لها هذه المواقع الاثرية الهامة.

شكل (1): مواقع منطقة الدراسة في مدينة لبدة الأثرية الواقعة في شمال غرب ليبيا. (1=المسرح، 2=السوق، 3=قوس سبتيموس، 4=معبد جوبيتر، 5=ساحة الألعاب، 6=باب اويا، 7=حمامات هدريان، 8=معبد الحوريات، 9=الميدان الجديد، 10 حلبة المصارعة)، كما وجدت في (Okasha, et al, 2022).

3. تقييم المخاطر في مدينة لبدة الأثرية:

3. 1. التجوية الكيميائية

3. 1. 1. التأثير على الصخور

تأثير التلوث على صخور بناء المدينة يتمثل في تآكل الصخور الجيرية والرخام بالدرجة الأولى، وبنسبة قليلة في الأنواع الأخرى من الصخور، ويحدث التآكل تحت تأثير الغازات الحمضية مثل ثاني أكسيد الكبريت، إذ يتفاعل ثاني أكسيد الكبريت والماء في الهواء مع الصخور الجيرية ($CaCO_3$)، لتُكوّن الجبس (كبريتات الكالسيوم المائية ($CaSO_4.2H_2O$)، والانهيدرايت (كبريتات الكالسيوم ($CaSO_4$)، وهذه الكبريتات تتحور في الماء مما تُسبب في تآكل كتل البناء والمونة المُستخدمة في تماسك كُتل البناء، وتستطيع كبريتات الكالسيوم أن تتخلل مسامات الصخور الجيرية، وتتبلور من جديد وتتمدد لتُسبب مزيداً من التآكل وتُضعِف الصخور، ويتحول ثاني أكسيد الكربون في وجود الرطوبة إلى حمض كربوني، والذي بدوره يحوّل الصخور الجيرية إلى بيكربونات، والتي تذوب في الماء، وتنجرف بفعل الأمطار، وهذه العمليات الكيميائية تتسبب أيضاً في تآكل التماثيل والأعمدة الرخامية (Bogdan et al., 2022)من المعلوم أن الطوب لا يتأثر بثاني أكسيد الكبريت، ومع ذلك، فإن المواد الرابطة في الطوب التي تتكون من الرمل وكربونات وهيدروكسيد الكالسيوم، وهذه المواد يمكن أن تتفتت بفعل الملوثات الحمضية (Khallaf, 2023)، وبشكل عام فإن مواد الربط الكربوناتية من المحتمل أن تكون أكثر عرضة لاختراق من الحجر الرملي، والإسمنت البورتلاند هو مادة قلوية، وبالتالي فهو عادةً ما يكون عرضة للتأثر بالملوثات الحامضية، ومن خلال المشاهدات الميدانية نلاحظ وجود عملية تآكل الصخور التي تسمى "التجوية الحمضية" أو "التجوية الكيميائية". الحجارة التي تعرضت لهذه العملية تظهر عليها علامات واضحة للتلف والتفتت، كما يظهر في الصورة (شكل 2)، حيث تؤدي العوامل البيئية مثل الأمطار الحمضية، التي تكون غالبًا حمض الكبريتيك وحمض النيتريك، إلى تآكل الصخور والحجارة بطريقة كيميائية. عندما تتفاعل هذه الأحماض مع المعادن الموجودة في الحجارة مثل الكالسيوم والمغنيسيوم، تتكون مركبات جديدة تسبب تآكل الحجر. تتأثر الحجارة بشكل خاص إذا كانت تحتوي على

معادن قلوية مثل الكالسيت (كربونات الكالسيوم)، حيث يتم تحلل هذه المعادن بفعل الأحماض الحمضية لتشكل مركبات جديدة مثل كبريتات الكالسيوم ونترات الكالسيوم. هذا التفكك يؤدي إلى تفتت الحجارة وتلفها مع مرور الزمن. بالإضافة إلى الأمطار الحمضية، يمكن أن تلعب التربة والمواد الكيميائية الأخرى دورًا في تفاقم تآكل الحجارة. هذه العملية تمثل تأثيرًا حقيقيًا على التاريخ الطبيعي للكثير من المعالم الصخرية والمباني التاريخية التي تعرضت لهذه العملية على مر الزمن. (Siegesmund, et al, 2021)

تتعرض مدينة لبدة بسبب وقوعها في منطقة الخمس للعديد من مصادر التلوث التي تنتج الملوثات المختلفة والتي من أهمها اكاسيد النيتروجين واكاسيد الكبريت (Okasha, 2014)، وتعد محطة كهرباء الخمس احد اكبر مصادر انبعاث هذه الغازات في المنطقة المجاورة للمدينة الاثرية (Ibrahim et al ., 2011 & Ibrahim et al., 2012a) ، بالإضافة الى وجود مصانع الاسمنت التي ينتج عن حرق الخامات والوقود المستخدم فيها كميات من انبعاثات الغازات الملوثة (Okasha, 2012; Ibrahim et al., 2012b & Okasha et al., 2013)، ومن خلال المشاهدات العينية (شكل 2) لوحظ ان تأثير هذه الملوثات على الحجارة الأثرية متكرر بكل كبير في مدينة لبدة.

وفي بعض الأحيان لا تتأكل الصخور بنفس المعدلات كما يظهر على سبيل المثال في الشكل رقم (3) الذي نلاحظ فيه اختلاف في حجم التأثير من صخرة لأخرى وهذا الاختلاف يمكن ان ينتج عن عدة عوامل محتملة كاختلاف التركيب الكيميائي للصخور، أو تعرض هذه الصخور (محتمل قبل استخدامها في الترميم) لعوامل بيئية محددة بشكل أكثر تركيزاً، وقد لوحظت تأثيرات مماثلة لما تم العثور عليه في المكونات الرخامية لمدينة لبدة الاثرية في الكثير من الواقع الاثرية العالمية ومنها على سبيل المثال ما يسمى بهو الاستقلال في فيلادلفيا، وتمثال الحرية بأمريكا، ونصب واشنطن التذكاري وهو عبارة عن مسلة من الجرانيت مكسوة بالرخام، والرخام يتأثر بشدة بملوثات الهواء ذات الطابع الحمضي (أكاسيد الكبريت والنيتروجين)، وخاصةً في وجود معدلات عالية من الرطوبة الجوية أو كميات كبيرة من المطر (Cirrincione et al., 2021) .

شكل 2: بعض الصور تبين تأثير التجوية الكيميائية على صخور مدينة لبدة

شكل 3: صورة تبين اختلاف معدلات تآكل وتلف الصخور في الجدران والمواقع الاثرية

3. 1. 2. التأثيرعلى المعادن

يعتمد معدل صدأ المعادن بشكل كبير على معدلات الرطوبة والأمطار ونوع الملوث ودرجة الحرارة، ويعد تلوث الهواء أحد اهم هذه العوامل، فهو يتسبب في تسريع صدأ وتآكل المعادن وتغير خصائصها الميكانيكية والكهربائية, فمثلاً يتسبب أكسيد الكبريت في صدأ طبقة الزنك المستخدمة في جلفنة الحديد وطبقة الحماية من الصدأ، حيث ان تآكل الطبقة الخارجية للمعادن عموماً يعتبر عملية كهروكيميائية تزداد نشاطيتها عند التعرض للملوثات، ويسبب غاز ثاني أكسيد الكبريت معظم الضرر على المعادن، والكلوريدات أيضاً تلعب دوراً هاماً في عملية التآكل بينما لم يتم تأكيد دور أكاسيد النيتروجين في تآكل المعادن (Siegesmund et al., 2021).

وتشمل اهم الآثار المشاهدة لتأثير العوامل البيئية والتلوث على المدينة الاثرية تعزيز تآكل أسياخ الحديد الصلب الداخلة في تكوين الخرسانة وتثبيت الاعمدة والتماثيل الاثرية، حيث لوحظ بكثرة تآكل حديد التسليح الداعم للمكونات الاثرية (شكل 4)، كما لوحظ ان هناك بعض الملوثات الحمضية التي تؤثر على اسطح التماثيل المعدنية مسببة تآكلها، وهذه التأثيرات التي تمت ملاحظتها في مدينة لبدة يمكن مشاهدتها كذلك في كثير من العواصم والمدن التي تعرضت إلى تلوث الهواء، ففي لندن على سبيل المثال لوحظ تفتت بعض أحجار برج لندن، وكنيسة "وستمنسترآبي (Kapsomenakis et al., 2022)، وللحد من التجوية الكيميائية الناتجة عن التلوث البيئي وتأثيرها على المدينة الاثرية ومكوناتها الهامة يجب العمل على وقف التلوث من مصادره الرئيسية وهناك العديد من التقنيات التي يمكن استخدامها محليا لوقف هذا التدهور الناتج عن التلوث من المصدر مثل استخدام تقنيات معالجة الملوثات قبل انبعاثها للبيئة كالإمتزاز على حشوات خاصة (Ibrahim et al., 2016; Ibrahim & Okasha, 2023)، او عن طريق تنمية الغطاء النباتي الطبيعي حول المنطقة الصناعية التي تنتج عنها الملوثات (Okasha, 2017).

شكل 4: صورتين تبين تأثر المكونات المعدنية داخل المدينة الاثرية بالعوامل البيئية

3. 1. 3. التأثير على الدهانات

الدهانات هي مزيج معقد من البوليمرات والمواد الملونة وغيرها من المواد المضافة ويمكن أن يحدث تلف للطلاء والمواد البوليميرية من ترسب المواد الحمضية عليها ومن المؤكسدات الكيميائية الضوئية، وتشمل الآثار المحتملة فقدان اللمعان وتآكل الأسطح البوليميرية، وفقدان التصاق الطلاء والتفاعل مع الأصباغ الحساسة ومواد الحشو مثل كربونات الكالسيوم، مسببة التقصف والتكسير وخاصة في المواد المرنة (شكل 5)، ويتركز التأثير المباشر للملوثات الحمضية على الأصباغ، والحشو الموجود في الطلاء يكمن في تسريع تآكلها ويكون الأثر الأكبر لغاز ثاني أكسيد الكبريت على مواد الحشو

في الدهانات ككربونات الكالسيوم، بينما أكاسيد النيتروجين ليس لها سوى تأثير بسيط على الدهانات (Kumar et al., 2021).

شكل 5: صورة تبين تأثر الألوان والصبغات الخاصة بالفسيفساء والنقوش الاثرية بالعوامل البيئية

3. 2. تأثير الكائنات الحية

يمكن للكائنات الحية كالنباتات والحيوانات أن تؤثر على المدن القديمة، عندما تنمو النباتات على المباني وتُسبب أضرارًا. علاوة على ذلك، يمكن لبعض الحيوانات، مثل الطيور أو الحشرات، أن تُلحق أضرارًا جسيمة بالتماثيل والنصب التذكارية، وتؤثر النباتات وبعض الحشرات والكائنات الحية الدقيقة التي تنمو تحت ظروف مناخية مختلفة في الصخور المتواجدة في منطقة الدراسة، وينتج عن نمو وتحليل النباتات مواد عضوية متحللة، وتحدث هذه التغيرات من خلال الأنشطة الحيوية، والتي تتفاعل فيها نواتج التجوية الكيميائية للصخر مع ما يضاف إليه من مواد عضوية ويطلق على هذه التجوية تجوية حيوية، وهذا توضيح بسيط لأهم العوامل.

3. 2. 1. تأثير النباتات

للنباتات دور مهم في عمليات التجوية بمختلف أنواعها، حيث تشارك في التجوية الفيزيائية عن طريق الجذور، والسوق ، والجذوع، وشوهد في بعض المواقع في مدينة لبدة ان النباتات التي تنمو طبيعياً في مناطق غير متوقع تؤدي الى تهشيم المباني، كما هو واضح من الصور في (شكل 6)، وما لم يتم اتخاذ التدابير اللازمة حيال الحد من نموها فإنها سوف تكون أحد عوامل التفتت، وعندما تموت هذه النباتات فإنها تتحلل تاركة وراءها بعض المواد العضوية التي يمكنها التفاعل مع المعادن والصخور التي سبق وان نمت حولها ، وبذلك تكون قد هيئة بيئة جديدة للنمو النباتي لاحقاً (Seila & Selim, 2023). وتشير بعض الدراسات الى ان تراكم المواد العضوية مثل الأوراق والأشجار الصغيرة والأمور الأخرى التي تتراكم حول الحجارة، مما يؤثر على مظهرها ويغير الشكل الأصلي للمعالم الاثرية. (Sesana et al., 2021)، كما أن تأثير النباتات ونواتج تحللها مع الجسيمات المعدنية للصخور المجواة يسبب إحداث تغير في التجوية الكيميائية (Rovella et al., 2020).

شكل 6: صورتين تبين ظاهرة تأثير النباتات عن طريق الجذور، والسوق، والجذوع على الصخور

3. 2. 2. تأثير الكائنات الحيو انية

تؤثر العديد من الكائنات الحيوانية مثل القوارض والطيور والحشرات بشكل كبير على المدن الحضرية وخاصة منها المدن الأثرية، فعلى سبيل المثال تتسبب فضلات الطيور والحيوانات الديدان والنمل تعمل على عمل فجوات في الصخور مما يجعلها عرضه أكبر للتجوية (شكل 7) ، خاصة في الصخور التي تستطيع الحفر فيها، ويساعد على تهيئة المناخ للعوامل الأخرى للتجوية، والتي تقوم بدورها في تفتيت الصخور وانهيارها، بخاصة في المناطق التي تنتشر فيها الأطيان كما هو الحال في الأرضيات، وكذلك بعض الحشرات الطائرة تبني مساكنها من نفس المادة الصخرية التي تعيش عليها، فإنها تعمل أيضا على تجوية المناطق الأثرية (Seila & Selim, 2023) .

شكل 7: صورة تبين ظاهرة تأثير القوارض والحشرات عن طريق عمل فجوات في الصخور

3. 2. 3. الطحالب والأشنات وغيرها

الطحالب والأشنات والحزازيات هي أيضا من العوامل الحيوية التي تمت ملاحظة تأثيرها في أكثر من موقع في المدينة الاثرية (شكل 8)، وهذه الكائنات تنمو نتيجة توفر الرطوبة العالية ومياه الأمطار، وبعد موتها وتفسخها، تترك بقع على جدران المعالم الأثرية، والتي تعمل على تشوه المعالم الأثرية وخرابها (Ravan et al., 2023).

شكل 8: صورة تبين ظاهرة تأثير الطحالب والأشنات والحزازيات على المعالم الأثرية

3. 3. التجوية الفيزيائية

3. 3. 1. التعرية

تشير التعرية إلى العمليات الطبيعية التي تؤدي إلى تآكل الصخور والحجارة على مر الزمن، وهذه العملية يمكن أن تكون نتيجة التعرض المستمر لهذه الحجارة لبعض العوامل البيئية مثل الرياح، الأمطار، والتغيرات الحرارية (Kumar et al., 2021)، وقد لوحظت هذه التأثيرات في العديد من المواقع كما يظهر في الصورة بـ (شكل 9).

شكل 9: صورتين تبين ظاهرة التعرية في بعض الصخور تحت تأثير العوامل البيئية

3. 3. 2. التكسر

تكسر أجزاء من التماثيل الأثرية مثل الأنوف يمكن أن يكون ناتجًا عن عدة عوامل منها التعرض المستمر لعوامل البيئة الخارجية مثل التغيرات الجوية والرياح والأمطار يمكن أن يسبب تآكلاً وتقشراً في الجزء العلوي من التمثال بمرور الزمن هذا يمكن أن يؤدي في النهاية إلى تكسر الأجزاء الدقيقة مثل الأنف، والتغيرات الحرارية أو التباينات الحرارية الشديدة بين

النهار والليل يمكن أن تسبب تمدداً وانكماشاً في الحجر، مما يمكن أن يؤدي أيضًا إلى تشقق وتكسر الأجزاء الدقيقة، والاهمال والتقادم قد تكون التماثيل الأثرية تعرضت للتقادم بسبب عوامل مختلفة مثل الاهمال، التلوث، التخريب، كما هو واضح من الصورة بـ (شكل 10) هذا يمكن أن يجعل الحجر أقل قوة وأكثر عرضة للتكسر. (Spezzano et al., 2021)

شكل 10: صورتين تبين ظاهرة تكسر أجزاء من التماثيل الأثرية

3. 3. 3. التقشر

يتضح من الصورة الموجود في (شكل 11) حدوث عملية تقشر في المدينة الاثرية، والتقشر هو عملية تدهور تؤدي إلى انفصال الطبقات الخارجية للعمود الأثري، وهذا التأثير يمكن أن يحدث نتيجة للتعرض المتكرر للرطوبة والأمطار والتغيرات الحرارية اليومية عندما تتسرب المياه داخل المسامات الصخرية في الحجر، ثم تتجمد وتتمدد وتنكمش مع التغييرات في درجات الحرارة، يمكن أن تسبب قوة التمدد والانكماش تشقق الطبقات الخارجية للحجر، مما يؤدي في النهاية إلى التقشر وتفاعل بعض المواد الكيميائية الموجودة في الحجر مع العوامل البيئية مثل الأمطار الحمضية يمكن أن يسهم في تفتت الحجر وتقشره أيضاً (Kapsomenakis et al., 2022) .

شكل 11: صورتين تبين ظاهرة تقشر عن طريق التعرض المتكرر للتغيرات الحرارية

3. 3. 4. التشقق

التشقق يحدث عندما تتعرض اللوحة الرخامية لضغوط ميكانيكية تفوق قدرتها على تحملها هذه الضغوط كالمبين في الصورة بـ (شكل 12)، ويمكن أن ينجم هذا التشقق عن تغييرات في درجات الحرارة، الرطوبة، التمدد والانكماش، أو التأثيرات الخارجية مثل الصدمات الميكانيكية، وأيضاً التعرض لظروف بيئية قاسية مثل التغيرات الجوية المفاجئة والرطوبة العالية يمكن أن يسهم في تكسر وتشقق الرخام. على سبيل المثال، عندما تتعرض اللوحة للماء وتتجمد المياه داخل المسام، يحدث تمدد يمكن أن يسبب تكسر الرخام (Siegesmund et al., 2021)، والتأثير الناتج عن تفاعل المواد الكيميائية مع الرخام يمكن أن يؤدي إلى تدهوره وتكسره. على سبيل المثال، التعرض للأمطار الحمضية يمكن أن يسبب

تآكل الرخام وضعفه، مما يزيد من احتمالية التكسر. التشققات التي تظهر على العمود الأثري، يمكن تفسيرها علميًا بأن سببه التخلخل الحراري (Thermal Stress)، حيث تواجه الأحجار التاريخية تغيرات حرارية يومية، حيث يتعرض العمود الأثري لتأثير ارتفاع درجة الحرارة خلال النهار وانخفاضها ليلاً. هذه التغييرات الحرارية المفاجئة يمكن أن تؤدي إلى تمدد وانكماش الحجر بشكل غير متجانس، مما يسبب في نهاية المطاف تشكل التشققات.

شكل 12: صورتين تبين ظاهرة تشقق عن طريق التعرض لبعض الضغوط الميكانيكية أو التخلخل الحراري

3. 3. 5. البري والنحت الصخري

الرياح القوية التي تحمل الرمال والأتربة ثم ترتطم بالحجارة تتسبب في حدوث عمليات نحت وبري للصخور والاعمدة كما يظهر في الحالة الموجودة بالصورة في (شكل 13)، وهذا النحت يسرع في تآكل سطحها بمرور الوقت والرياح القوية يمكن أن تسبب تشكيلًا طبيعيًا للحجارة عبر عملية التآكل والتجوية. (González et al., 2022)

شكل 13: صورة تبين ظاهرة البري والنحت الصخري عن طريق الرياح القوية والرمال

3. 4. التجوية الميكانيكية (عمليات الردم والنحر)

يمكن بسهولة ملاحظة تأثيرات التجوية الميكانيكية على المدينة الاثرية في المناطق المعرضة لتأثير طاقة الأمواج، حيث يمكن أن تكون عاملاً مؤثراً في تآكل الحجارة الأثرية خاصة إذا كانت تقع بالقرب من مياه البحر كما يلاحظ من الصورة رقم (14)، حيث ان تأثير الأمواج يمكن أن يزيد من تعرض سطح الحجارة للتآكل نتيجة الاحتكاك الميكانيكي بسبب حركة الأمواج وارتطامها بالحجارة يمكن أن يسبب احتكاكاً ميكانيكياً يؤدي إلى تآكل الحجارة وتشققها بمرور الوقت، كما تشير الدراسات الى ان تأثير الأمواج والرذاذ الناتج عنها يمكن أن يزيد من تعرض الحجارة للرطوبة، مما يؤدي إلى تآكلها بشكل أسرع (Raoufifar & Oudbashi, 2023).

عمليتا الردم والنحر تلعبان دورًا هامًا في تأثير الحجارة الأثرية الموجودة على البحر. عملية الردم تشمل تنحيت الحجر بخطوط عميقة أو نقاط لإنشاء تفاصيل دقيقة على الحجر عندما تكون المدينة الأثرية موجودة على البحر تكون معرضة للردم بسبب تأثير الأمواج والرطوبة، وبذلك يمكن أن يحدث تآكل كيميائي وميكانيكي على الحجارة. وبالتالي فإن المياه البحرية ذات الملوحة العالية يمكن أن تسبب تفاعلات كيميائية تؤدي إلى تآكل الحجر بشكل تدريجي. وبالنسبة لعملية النحر تتضمن تنحيت الحجر بشكل عميق ودقيق لإنشاء تشكيلات وأشكال معقدة. (Elatrash, 2006 & Alhilo et al., 2020)، ويظهر في الصور الموجودة في (شكل 14) تأثير عمليات الردم المستمر على معالم المدينة الاثرية، ويمكن تفسير الردم برمال البحر على أنه نوع من التأثيرات الناتجة عن تأثيرات البيئة البحرية والعوامل البيئية المميزة للمناطق الساحلية. تتأثر الحجارة الأثرية التي توجد بالقرب من الشواطئ بمجموعة من العوامل التي يمكن أن تؤدي إلى تراكم رمال البحر عليها. تتعدد العوامل التي تؤدي إلى ردم الحجارة الأثرية برمال البحر، حيث يساهم المد والجزر في نقل الرمال من قاع البحر وترسيبها على الحجارة الساحلية، بينما تعمل الرياح البحرية القوية على حمل الرمال ونثرها فوق الأسطح الأثرية. كما تلعب التيارات البحرية دوراً مهماً في نقل الرواسب الرملية وتراكمها حول الحجارة، بالإضافة إلى تأثير العوامل الجوية الأخرى مثل الأمطار الغزيرة والثلوج والعواصف التي تزيد من معدل تراكم الرمال وتسرع عملية الردم. تراكم رمال البحر على المواقع الأثرية يمكن أن يكون عملية طبيعية تستغرق وقتًا طويلًا وقد يؤدي إلى تغيير شكلها الأصلي ويمكن أن يؤثر على جمالها وقيمتها الأثرية.(Abdel Galil, 2007 and Wang et al., 2023)

شكل 14: صور تبين ظاهرة الردم بالرسوبيات البحرية في إخفاء المعالم الأثرية

4. الخلاصة والتوصيات:

مما سبق نستنتج ان مدينة لبدة الأثرية بصفتها احد اهم المعالم الاثرية في ليبيا، تتعرض الى العديد من المخاطر البيئية التي تهدد بقاءها واستمرارها كإرث انساني وان هذه المخاطر البيئية تتنوع بين مخاطر طبيعية لا يمكن التخلص منها او وقفها كتأثير البراكين والامواج والمد والجزر، ومخاطر طبيعية يمكن الحد من تأثيرها باستخدام بعض التقنيات المتطورة مثل تأثير الرياح والكائنات الحية وبعض المخاطر الناتجة عن تأثير العامل البشري والتي يعتبر التلوث من أهمها ويجب العمل على الحد منها من المصادر، كما لوحظ من المشاهدات الميدانية وجود تداخل بين العديد من التأثيرات على صخور ومكونات المدينة الاثرية، ولحماية هذه المدينة العريقة، يجب اتباع استراتيجيات متكاملة تشمل الحفظ، والصيانة، والتوعية، والإدارة المستدامة أهم الطرق لحماية مدينة لبدة الأثرية الصيانة والترميم الدوري ترميم الآثار المتضررة بسبب العوامل الطبيعية (التعرية، الأمطار، الرطوبة) أو البشرية (التخريب، التعديات). استخدام تقنيات علمية متطورة في الترميم للحفاظ على المواد الأصلية قدر الإمكان. حماية الفسيفساء والجداريات بتغطيتها أو نقل القطع الهشة إلى متاحف، التحكم في العوامل البيئية ومكافحة التصحر وزحف الرمال بزراعة الأشجار حول الموقع وإنشاء حواجز طبيعية. تنظيم إدارة المياه لمنع تآكل الأساسات الأثرية، الحد من التلوث الناتج عن الأنشطة الصناعية أو البشرية القريبة، ولضمان الوصول الى افضل النتائج يجب اجراء دراسة شاملة ومستفيضة وتجميع عينات من الصخور المتعرضة لهذه العوامل للوقوف على السبب الرئيسي في تلفها ووضع توصيات الحماية اللازمة.

المصادروالمراجع:

Abdel Galil, H. Abu Arabia, M. Elatrash and A. Y. Okasha, (2007) assessment of sand transported by wind along the ancient Libda city beach and its impact on the ancient constructions, *The 2nd Basic Sciences Conference*, 4-8/11/2007, Al-Fateh University, Tripoli, Libya

Abotleb Thanaa Ali Ali, Asmaa M. El-Mekawy; (2019) An Applied Study of the Effect of Air Pollution on Non-Environmentally Friendly Colors of Archaeological Oil Paintings in The Vicinity of the Nubia Museum in Aswan; *International Journal of Advanced Science and Technology*; 28, No. 16, pp. 747 – 762

Alhewaimdei Suliman O. and Aly Y. Okasha, (2019) Effect of sulphur dioxide emissions from Mellitah Gas Plant on air quality of nearest cities, Journal of Marine Science and Environmental Technologies (JMSET), 5(1).

ALhilo E A, S A Kuba, A F Dirweesh; (2020) Nanotechnology use to preserve the durability of archaeological brick buildings in Al-Najaf city; 4th International Conference on Engineering Sciences (ICES)

Andreou Georgia M, Julia Nikolaus, Kieran Westley, Crystalel Safadi, Lucy Blue, Ash Smith, Colin Breen; (2022) Big Data in Maritime Archaeology: Challenges and Prospects from the Middle East and North Africa; JOURNAL OF FIELD ARCHAEOLOGY; 47(3), 131–148

Artesani Alessia, Francesca Di Turo, Margherita Zucchelli, Arianna Traviglia; (2020) Recent Advances in Protective Coatings for Cultural Heritage–An Overview; Coatings,10, 217

Balakrishnan Perumal, Ammar Abulibdeh, Tahsin Abul Kasem Kabir; (2023) Assessment of the Impact of Anthropogenic Evolution and Natural Processes on Shoreline Dynamics Using Multi-Temporal Satellite Images and Statistical Analysis; Water, 15, 1440

Bogdan Alexandru, Dorina Chambre, Dana Maria Copolovici, Tudor Bungau, Constantin C. Bungau, Lucian Copolovici; (2022) Heritage Building Preservation in the Process of Sustainable Urban Development: The Case of Brasov Medieval City, Romania; Sustainability,14, 6959

Cirrincione Laura, Patrizia Ferrante, Maria La Gennusa, Giorgia Peri, Gianfranco Rizzo, Gianluca Scaccianoce; (2021) Visually *niversity for Natural Science, 26*, 85–100.

Okasha, A. Y. (2014). Main industry stack emissions dispersion over Khums City in North-Western Libya. *Journal of Environment and Human, 1*(10), 635–641.

Okasha, A. Y. (2017). The effect of vegetation cover to mitigation of pollutant emissions from industrial sources in the Khoms Region, Northwest Libya. *Jordan Journal of Agricultural Sciences, 13*(2), 275–285.

Okasha, A. Y., Diab, N., Abu-Arabia, H., & Elatrash, M. (2022). Effect of Khoms power station stack emission impact on the ancient city of Leptis Magna, Libya. *An-Najah University Journal for Research - A (Natural Sciences), 36*(1), 1–20.

Okasha, A. Y., Hadia, E. A., & Elatrash, M. S. (2013). Ecological effect of Mergheb Cement emissions on the vegetation in the Northwest Libya. *International Journal of Sciences, 2*(9), 34–40.

Oliveira, M. L. S., Neckel, A., Pinto, D., Maculan, L. S., Dotto, G. L., & Silva, L. F. O. (2021). The impact of air pollutants on the degradation of two historic buildings in Bordeaux, France. *Journal of Cleaner Production, 328*, 129554. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.129554

Poppema, D. W., Wijnberg, K. M., Mulder, J. P. M., & Hulscher, S. J. M. H. (2019). Scale experiments on aeolian deposition and erosion patterns created by buildings on the beach. In *Coastal Sediments 2019* (pp. 1693–1707). World Scientific. https://doi.org/10.1142/9789811204487_0147

Raoufifar, M., & Oudbashi, O. (2023). Atmospheric corrosion in the metal pool of Ali Qapu palace in Isfahan: An experimental study. *Heritage Science, 11*, 138. https://doi.org/10.1186/s40494-023-00985-6

Ravan, M., Revez, M. J., Pinto, I. V., Brum, P., & Birkmann, J. (2023). A vulnerability assessment framework for cultural heritage sites: The case of the Roman Ruins of Tróia. *International Journal of Disaster Risk Science, 14*, 26–40. https://doi.org/10.1007/s13753-022-00469-4

Rovella, N., Aly, N., Comite, V., Randazzo, L., Fermo, P., Barca, D., Alvarez de Buergo, M., & La Russa, M. F. (2021). The environmental impact of air pollution on the built heritage of Historic Cairo (Egypt). *Science of the Total Environment, 764*, 142905. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.142905

Ruiz, R., Alonso-Guzman, E. M., Martinez-Molina, W., Chavez-Garcia, H. L., Arreola-Sanchez, M., Borrego-Perez, J. A., Navarrete-Seras, M. A., Velazquez-Perez, J. A., & Morales-Rosales, L. A. (2023). Environmental decay of ignimbrite patrimonial monuments in the dry, urban, and non-industrial atmosphere of Morelia (México). *Heritage, 6*(4), 3137–3158. https://doi.org/10.3390/heritage6040167

Saaed, M. W. B., Ali, A. B., El-Barasi, Y. M., & Rahil, R. O. (2022). Potential and perspectives for establishing protected areas in El-Jabal El-Akhdar region, northeast Libya; an overview and example from 'El-Abyar area. *Journal of Degraded and Mining Lands Management, 9*(3), 3453–3464. https://doi.org/10.15243/jdmlm.2022.093.3453

Seila, F., & Selim, G. (2023, June 14-15). *Libya's cultural heritage sites at risk: Problems, challenges and risks after the 2011 revolution* [Conference presentation]. 6th International Conference of Contemporary Affairs in Architecture and Urbanism (ICCAUA-2023), Istanbul, Turkey.

Sesana, E., Gagnon, A. S., Ciantelli, C., Cassar, J., & Hughes, J. J. (2021). Climate change impacts on cultural heritage: A literature review. *WIREs Climate Change, 12*(4), e710. https://doi.org/10.1002/wcc.710

Shahut, A. M. A., & Nsr, A. A. F. O. (2025). The impact of human factor on the damage and loss of the archaeological monuments of the city of Leptis Magna. *Journal of Academic Research (Humanities), 29*, 103–125.

Siegesmund, S., Menningen, J., & Shushakova, V. (2021). Marble decay: Towards a measure of marble degradation based on ultrasonic wave velocities and thermal expansion data. *Environmental Earth Sciences, 80*, 395. https://doi.org/10.1007/s12665-021-09676-6

Sorrentino, B., Screpanti, A., & De Marco, A. (2024). Corrosion on cultural heritage buildings in Jordan in current situation and in future climate scenarios. *Scientific Reports, 14*, 25373. https://doi.org/10.1038/s41598-024-77195-y

Spezzano, P. (2021). Mapping the susceptibility of UNESCO World Cultural Heritage sites in Europe to ambient (outdoor) air pollution. *Science of the Total Environment, 754*, 142345. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.142345

Wang, J., Du, M., & Shan, X. (2023). Effect of marine Streptomyces on corrosion behavior of X65 steel in simulated offshore oilfield produced water system. *Journal of Materials Research and Technology, 24*, 7925–7937. https://doi.org/10.1016/j.jmrt.2023.05.043

Westley, K., Nikolaus, J., Emrage, A., Flemming, N., & Cooper, A. (2023). The impact of coastal erosion on the archaeology of the Cyrenaican coast of Eastern Libya. *PLOS ONE, 18*(4), e0283703. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0283703

Westley, K., Andreou, G., El Safadi, C., Huigens, H. O., Nikolaus, J., Ortiz-Vazquez, R., Ray, N., Smith, A., Tews, S., Blue, L., & Breen, C. (2023). Climate change and coastal archaeology in the Middle East and North Africa: Assessing past impacts and future threats. *The Journal of*

Island and Coastal Archaeology, 18(2), 251–283. https://doi.org/10.1080/15564894.2021.1955778

Monitoring Environmental Risks and Their Impacts on Archaeological Sites in The City of Leptis Magna, Northwest Libya

Sulayman Alhuweemdi[1], Abodsalm M. Almtnani[2], Elhadi Abogrean[3], Aly Okasha[4]

[1]Department of Environmental Sciences, Faculty of Sciences, University of elmergib, Libya

[2]Department of Environmental Sciences, Faculty of Environment and Natural Resources, Wadi Alshatti University, Libya

[3]Director General of the Libyan Climate Change Research Center, Libya

[4]Faculty of Sciences, Alasmariya University, and the Libyan Center for Sustainable Development Research

Abstract

This study aimed to evaluate the effectiveness of large-scale impact surveys in the city of Leptis Magna using multiple techniques, such as time-lapse photography and daily surveys, to manage the identification of reliable, culturally relevant sites. The study focused on analyzing the interaction between the environment and urban heritage, relying on accurate data collected over a specific period of time, allowing for long-term monitoring of their impact. It concluded that these surveys were able to understand the environmental context of archaeological sites, with imaging techniques contributing to the planning of potential situations and impacts. The recent study also emphasized the importance of integrating elements into sustainable urban planning, particularly in the face of challenges such as urban expansion, pollution, and climate change, which may affect the integrity of archaeological sites through focusing on issues such as erosion or multi-cultural diversity. While the technical study did not specify the scope of the study or the impact of all long-term adverse effects, it highlighted the need for multi-disciplinary collaboration to balance development directly with heritage. The study was selected based on the fact that advanced surveys provide effective tools for monitoring many small issues It did, however, recommend that more research be considered in order to examine the benefits of identifying archaeological sites in greater detail.

Keywords: air pollution; AlKhums; archaeological sites; climate factors; environmental impacts; Leptis Magna

The First Scientific Conference of the Faculty of Science Sirte University Environmental Pollution and Challenges of Environmental Sustainability (EPESC), Oct.14, 2025

أوجه حماية البيئة وأحكام المسئولية عن التلوث البيئي وفقا لأحكام القانون الليبي

محمد على التائب

أستاذ القانون الجنائي المساعد، قسم الجنائي، كلية القانون جامعة سرت، دولة - ليبيا

Corresponding Author Email: mohamed.iltib@su.edu.ly

ملخص البحث: شغل الاهتمام بحماية البيئة فكر عديد المتخصصين من رجال القانون والاقتصاد والصحة، وباقي العلوم التي وضعته على طاولة اهتماماتها منذ مطلع هذا القرن، ليحظى بدراسات معمقة سبيلا لدرأ مخاطر التلوث البيئي، خاصة بعد ملامسه ما يجلبه من أضرار خطيرة، بات تهديدها لا يقتصر على الإنسان فحسب، وإنما يمتد لكافة الكائنات الحية التي تعيش في محيطه، وهو ما جعل النداءات الدولية تتعالى داعية لوجوب توفير بيئة نظيفة خالية من أي مخاطر قد تصيب الإنسان أو الكائنات الحية، كما جاءت جل التشريعات الجنائية تجرم إلحاق الضرر بالبيئة أين كان نوعها، والمشرع الليبي كغيره من المشرعين لم يغفل حماية البيئة، حيث أفرد لها قانون جنائي خاص يحمل رقم (15) لسنة 2003 في شأن حماية البيئة وتحسينها، في رؤية تشريعية هدف من خلالها المشرع توفير الحماية للبيئة والحد من الضرر المترتب عن جريمة التلوث البيئي، والذي سنبين في هذا البحث أوجه حماية البيئة وأحكام المسئولية الجنائية بشأنها، ساعين لمد المكتبة القانونية ببحث قانوني متخصص في المجال الجنائي يظهر نظرة القانون للبيئة بجميع أنواعها.

Article History:

Received: 09 April 2025

Revised: 21 May 2025

Published: 15 November 2025

الكلمات المفتاحية:

حماية البيئة؛ المسؤولية الجنائية؛ الجريمة البيئية؛ القانون البيئي الليبي؛ القانون رقم (15) لسنة 2003؛ التلوث البيئي

مقدمة:

تعاني ليبيا كغيرها من دول العالم من تفاقم ظاهرة التلوث البيئي ، التي أضحت أثاره تهدد حياة الإنسان وكافة الكائنات الحية دونما استثناء، بتعدد أنوعه عقب ما جلبه التطور التقني المتسارع، الذي جاء نتاجا للثورة الصناعية الهائلة، التي ساهمت بشكل كبير في تعدد الأنشطة الاقتصادية التي تتبع الأشخاص المعنوية بصفة خاصة، والتي تسببت في انبعاثات وابخرة ورداد متطاير عرض البيئة للتلوث، وطالت أثاره الإنسان وعلى نحو هدد جسده وهدم كيانه ، فتصيبه بالمرض أو الوهن ، وتبعا لذلك حضت البيئة باهتمام دولي متزايد بعد انتشار الوعي المجتمعي ، ولم تولي المنظمات الدولية المتخصصة

في المجال البيئي جهدا في التوعية والإرشاد بمخاطر وأضرار البيئة، حرصا على توفير السلامة للأجيال المتتابعة من البشر، لهذا جاءت النداءات والدعوات المتكررة تنشد الضغط على حكومات العالم باسره ، لوجوب توفير بيئة نظيفة وسليمة خالية من الأمراض والاوبئة، إضافة إلى الحرص المتأتي لوجوب توفير الأمن الغذائي والبيئي، واعتماد توطين مشاريع الطاقة النظيفة كبديل صديقة للبيئة ، التي تتعرض كل يوم لمخاطر التلوث البيئي بفعل مخلفات الإنسان الطبيعية والصناعية، بعد الإفراط في استغلال مصادر الطاقة خاصة البترولية ومشتقاتها، كما شملت ضرورة عدم تلوث البيئة البحرية ، المتمثلة في ضرورة سلامة البحار والانهار والمضائق والشواطئ ، جراء ما ترميه السفن والبواخر والعائمات من مخلفات وزيوت ، وكل ما من شأنه تعريض البيئة البحرية وما تحويه للضرر البيئي ، كما شمل التوعية بضرورة سلامة البيئة الهوائية لحماية طبقات الجواء العليا ، باعتبار الأكسجين مصدرا اساسي لحياة كل الكائنات الحية ، رغبة في إلزام جميع الدول بوجوب تحقق مواءمة تشريعاتها الوطنية مع التشريعات الدولية الداعمة لحماية وتحسين البيئة ، بعد أن شهد العالم ملامسة ما يخلفه التلوث البيئي من أضرار وخيمة، لهذا وحرصا من المشرع الليبي على حماية البيئة وتحسينها ، فقد أصدر القانون رقم (15) لسنة 2003م في شأن حماية وتحسين البيئة ، كقانون خاص جاءت أحكامة متوافقة مع ما أقرته التشريعات الدولية الداعمة لحماية البيئة من التلوث ، في خطوة تشريعية تكفل التقليل من الضرر البيئي ، وتدعم تمتع الإنسان بالصحة والسلامة.

أسباب اختيار موضوع البحث وأهميته:

تكمن أسباب اختيار الموضوع في الاتي:

1/ ما تتعرض له البيئة في كل لحظة وحين من أضرار نتيجة التلوث البيئي، تمثل خطر داهم يهدد حياة الإنسان وباقي الكائنات الحية ويعرضها للخطر.

2/ كون مشكلة التلوث البيئي من المشكلات العالمية، التي تعاني منها أغلب دول العالم بما فيها ليبيا، وتورق صفوها وتحتاج إلى حلول ناجعة.

3/ التزايد الملحوظ في التلوث البيئي، نتيجة ما يشهده العالم من تقدم تقني متسارع عقب الثورة الصناعية، التي أسهمت بشكل كبير في تفاقم هذه الظاهرة نتيجة تعدد الأنشطة التجارية والصناعية.

4/ عدم وجود مراكز تعني بتوعية المواطن بأضرار التلوث البيئي.

5/ غياب الرقابة الفاعلة من الجهات المختصة واستمرار تقاعسها في تحصيل الرسوم المقررة لحماية البيئة من التلوث، أسهم في تزايد معدلات جريمة التلوث البيئي.

6/ الانقسام السياسي في البلاد وأثره في استفحال هذه الظاهرة، كان نتيجة التسبب في تعثر عمل شركات النظافة وحماية البيئة في عديد المدن الليبية.

7/ انعدام المراقبة المستمرة لمعدلات ظاهرة التلوث البيئي، وأغفال الجهات المسئولة عن حماية البيئة وضع استراتيجية واضحة المعالم، للاستفادة من المخلفات وتصريف النفايات وفقا للمعايير المعتمدة دوليا.

8/ عدم الاستفادة من خبرات الدول المتقدمة، في تدوير القمامة والمخلفات الضارة بحياة الإنسان وباقي الكائنات الحية، وعدم أتباع وسائل استخدام الطاقة النظيفة كبدائل مستحدثة.

وتكمن أهمية موضوع البحث: في كون ظاهرة التلوث البيئي تعد من المشكلات التي تعاني منها أغلب دول العالم بما فيها ليبيا ، التي لم تكن بمعزل خاصة مع مطلع هذا القرن ، اذ يعد الحرص على توفير أمن بيئي من أهم ما تتطلع له شعوب الأرض قاطبة ، بوصفه مأمن واستمرار بقائها ، لهذا تظهر أهمية البحث في كونه يضيف قيمة علمية ، تظهر أوجه الحماية الجنائية للبيئة في ليبيا ، كما تحدد أحكام المسئولية الجنائية المقررة لردع المتسبب في التلوث البيئي ، وهو ما يدعم المكتبة القانونية ببحث متخصص يثري المعرفة القانونية في المجال الجنائي ، ويسهل للقاري الكريم والمهتمين بالشأن القانوني الإحاطة القانونية بمعالم هذه الجريمة وأحكام المسئولية بشأنها.

الصعوبات التي واجهت البحث:

1/ قلة المراجع والكتب العربية التي تعني بمكافحة جريمة التلوث البيئي.

2/ افتقار المكتبات القانونية للمصادر التي يمكن الاستفادة منها في مكافحة ظاهرة التلوث.

3/ ندرة الدراسات البحثية المتخصصة، التي تعني بالتبصير بأوجه الحماية وأحكام المسئولية الجنائية عن جريمة التلوث البيئي.

أهداف البحث:

1/ يهدف البحث للتبصير بأوجه الحماية الجنائية المقررة للبيئة وفقا لأحكام القانون الليبي رقم "15" لسنة 2003م في شأن حماية وتحسين البيئة، كما يهدف البحث لبيان أحكام المسئولية الجنائية بشأنها.

2/ تعزيز وتكريس الحماية الصحية الهادفة لضرورة توفير بيئة صحية وسليمة لكافة المخلوقات على الأرض تشمل الإنسان والكائنات الحية معا.

3/ أثراء المعرفة القانونية في المجال الجنائي، خاصة فيما يخص الظواهر المجرمة بموجب قوانين خاصة.

اشكالية وضوع البحث:

تطرح اشكالية البحث عديد الفرضيات التي تشمل طرح عديد التساؤلات ذات العلاقة بالبيئة، والتي منها ماهي البيئة الواجب توفيرها وشروطها؟ وهل القانون الليبي الحالي يكفل توفير الحماية الجنائية المقررة للبيئة ، ويعد كفيل بردع من يلحق تلوث بالبيئة أم يعتريه بعض القصور؟ ، وهل نصوصه متوافقة مع ما تضمنته المواثيق والاتفاقيات الدولية الداعية لوجوب توفير بيئية أمنة للبشر خالية من الأمراض والأوبئة ، وكل ما من شأنه أن يعكر حياة الإنسان أو يعدمها أم لا ؟ ، وهل قانون الصحة الليبي أقر أوجه حماية تتعلق بالبيئة أم لم يقر ؟ ، كل هذه التساؤلات سنحاول الإجابة عنها ، لاستجلاء ما يمكن أن يبصر بخطورة التلوث البيئي، ليس على حياة الإنسان فحسب، بل يشمل كل ما تحويه الأرض والمياه والجو، وذلك من خلال خطة منهجية منضبطة، تظهر أوجه الحماية وأحكام المسئولية الجنائية عن التلوث البيئي.

المنهج المتبع في البحث: اتبع الباحث المنهج الوصفي التحليلي لظاهرة التلوث البيئي ، من خلال وصف الظاهرة وتحليلها، كونها من الظواهر السلبية والخطيرة التي تعرض حياة الإنسان للخطر وتهدد الأمن البيئي العالمي ، وتضعها أغلب دول العالم بما فيها الدول المتقدمة على طاولة اهتماماتها بغية الوصول إلى حلول ناجعة تكفل عدم استفحالها، كما أتبع

الباحث المنهج القانوني لاستقراء النصوص القانونية التي تتعلق بحماية وتحسين البيئة ، وذلك لبيان أوجه الحماية القانونية المقررة للبيئة بأنواعها البرية والبحرية والجوية، وتحديد أحكام المسئولية بشأنها.

خطة البحث:

المبحث الأول: ماهية وأركان جريمة التلوث البيئي.
المطلب الأول: ماهية وخصائص جريمة التلوث البيئي.
المطلب الثاني: اركان جريمة التلوث البيئي.
المبحث الثاني: الاشخاص المسئولة عن حماية البيئة وأحكام المسئولية بشأنها في القانون الليبي.
المطلب الأول: مسئولية الشخص الطبيعي والمعنوي عن حماية البيئة من التلوث.
المطلب الثاني: أحكام المسئولية الجنائية عن التلوث البيئي في القانون الليبي.
الخاتمة النتائج والتوصيات وقائمة المراجع.

المبحث الأول: ماهية وأركان جريمة التلوث البيئي

يعتبر التلوث البيئي من الموضوعات الهامة والمهمة التي أضحت حديث الساعة، لما يشغله من اهتمام بالغ ومتزايد من قبل رجال الفكر والقانون والاقتصاد والصحة على مستوي العالم باسره سبيلا لتوفير حماية كافية للبيئة، باعتبارها مصدر حياة جميع الكائنات الحية، وذلك أثر ما تشهده البشرية من تقدم تقني ضخم ومتسارع ، أسهم بشكل كبير في تفاقم وتيرة هذه الظاهرة الخطيرة العابرة للحدود الدولية للأوطان، نتيجة ما تخلفه من انعدام في التوازن البيئي ، ولم تقتصر اضرار التلوث بالبيئة على مظهر معين ، بل باتت تشملت الحاق الضرر ببيئة الهواء والتربة والغذاء ، وهو ما زاد الاهتمام بالبيئة في مطلع القرن الواحد والعشرين ، حيث شهدت الساحة الدولية ، عقد عديد القمم الرئاسية والوزارية التي أهتمت بالبيئة وما يتعلق بتقلبات المناخ ، ويأتي هذا الاهتمام درا لتهديد التلوث البيئي وما يشكله من خطر يهدد استمرار الحياة على كوكب الأرض ، ويظل مفهوم التلوث البيئي متطورا ومتجدد أثر ما يطالعنا به التقدم التكنولوجي في كل يوم وفي كل لحظة ، وهو ما أوجد تباين كبير في التعريفات التي حاولت تحديد ماهيته ، والتي اختلفت باختلاف وجهات نظر الفقه ، التي جاءت معبرة عن وجهة نظر كل فقيه وأسهمت بشكل كبير وبين ، في صعوبة إيجاد تعريف جامع مانع يحدد مفهوم الجريمة البيئة ، وأن وردت عديد التعريفات الخاصة بالمعني الاصطلاحي ، على وجها أقرب بكثير من غيرها لتحديد ماهيته ، حيث سنعرض لمفهومه اللغوي ثم ناي ذلك بتعريفه اصطلاحا، وبيان خصائص الجريمة في المطلب الأول ثم نعرض لأركان الجريمة البيئة في المطلب الثاني وفقا لما يلي :

المطلب الأول: ماهية وخصائص جريمة التلوث البيئي

على الرغم من عدم وجود تعريف جامع مانع للتلوث البيئي في التشريعات العربية، إلا أن المعاجم اللغوية لم تخلو من تحديد ماهيته، وأن تعددت مفاهيمه من حيث الاصطلاح، وفيما يلي نتعرض لماهية الجريمة البيئية مبينين خصائصها وفقا لما يلي:

أولا: ماهية الجريمة البيئية: لا يوجد تعريف جامع مانع يحدد ماهية الجريمة البيئية، مما جعل مسألة إيجاد التعريف مسألة فقهية تباينت بشأنها تعريفات الفقه في المجال الجنائي، التي جاءت معبرة عن وجهة نظر كل فقيه، خاصة عند تحديد المفهوم الاصطلاحي، وأن كان تحديد المعني اللغوي قد ورد في شكل مفهوم ضيق لحد ما. (الهنداوي، 1985م)

البيئة لغة: يرجع الأصل اللغوي لكلمة البيئة إلى المادة " بوأ "، بمعني رفع واعترف، وبا بحقه، رجع واعترف به وأقره، وبا بدينه ثقل به، وباء إليه بمعني رفع وانقطع وتبوأ، نزل واقام (معجم لسان العرب ابن منظور).

أما البيئة اصطلاحا: فقد كان أول استعمال لمصطلح البيئة ما جاء في مؤتمر استكهولم المنعقد سنة 1972م الذي عرفها بتعريف شمولي، حيث وصفها بعبارة " الماء والهواء والتربة والمعادن وغيرها من مصادر الطاقة، والموارد المائية والاجتماعية والمناخية في وقت ومكان واحد لإشباع حاجات الإنسان غير المحدودة وتطلعاته المستقبلة". (كامل، 1993م)

وعرفت البيئة بأنها: ذلك العلم الذي يهتم بالبيئة الطبيعية بجميع عناصرها ومشتملاتها ، وهو ما يظهر تعريف البيئة تعريفا موسعا ، من وجهة نظرنا يستوعب كل ما من شأنه أن يندرج تحت هذا المفهوم مستقبلا نتيجة التطور التقني المتسارع الذي يفاجئنا بكل جديد ، خاصة وأن البيئة تحوي كل ما على الأرض والبحر والجو ، والمشرع الليبي كغيره من المشرعين لم يغفل تعريف التلوث البيئي ، وذلك حرصا منه على حماية البيئة من التلوث أي كان نوعه ، حيث أفرد لحماية البيئة قانونا خاص يحمل رقم (15) لسنة 2003م في شأن حماية وتحسين البيئة ، يرسم معالم رؤية جديدة تهدف لحماية البيئة من التلوث ، والتي تناولت المادة الأولي فقرة (1) منه تعريف البيئة بوصفها " المحيط الذي يعيش فيه الإنسان وجميع الكائنات الحية ، ويشمل الهواء والماء والتربة والغذاء سواء في أماكن السكن أو العمل أو مزاولة النشاط أو غيرها من الاماكن الأخرى " ، كما تضمنت الفقرة الثانية من ذات المادة الاولي تحديد ماهية التلوث البيئي بالنص على أنها: " حدوث أية حالة أو ظرف ينشأ عنه تعرض صحة الإنسان وسلامة البيئة للخطر نتيجة تلوث الهواء أو مياه البحر أو المصادر المائية أو التربة أو اختلال توازن الكائنات الحية ، بما في ذلك الضوضاء والضجيج والاهتزازات والروائح الكريهة ، وأية ملوث أخري تكون ناتجة عن الأنشطة والأعمال التي يمارسها الشخص الطبيعي أو المعنوي (أنظر م 1 / ف2 من القانون البيئي الليبي).

حيث هدف المشرع من خلال القانون البيئي تحقيق الرقابة على البيئة ، قاصدا حمايتها وتحسينها بوصفها المحيط العام الذي يجمع الإنسان وباقي الكائنات الحية ، والذي يستلزم أن يوفر بيئة نظيفة وسليمة خالية من الامراض والاوبئة، وكل ما من شأنه تعريض سلامة جسد الإنسان للخطر أو الهلاك وكذلك باقي الكائنات الحية، كما تضمن قانون الصحة الليبي رقم (106) لسنة 1973م، الصادر في 13/ ديسمبر / 1973م ، النص على حماية البيئة وحظر القيام بأي عمل من شانه الحاق التلوث بالمصادر العامة للحياة أو تعريضها لأي عمل يجعل منها مصدر ضرر بالصحة العامة (أنظر م1 من القانون الصحي).

ثانيا: خصائص جريمة التلوث البيئي: تتميز الجريمة البيئة كغيرها من الجرائم بعدة خصائص وأن اختلفت عنها بسبب طابعها الخاص، كونها لا تمس بشخص الإنسان فحسب، كونه المقصود بمشكلة أحداث التلوث البيئي المخل بالبيئة، بل تطال أثارها غيره في ذات الوقت ومن تلك الخصائص ما يلي:

1/ الجريمة البيئة تعد من جرائم الخطر: تعد الجريمة البيئة من جرائم الخطر التي قد تلحق بالمتسبب في التلوث نفسه وقد تتعداه إلى غيره، كمن يحرق نفايات أو مخلفات يسبب استنشاقها أمراض له أو لغيره نتيجة وصول ردادها إليه، في مكان قرب من حدوث الجريمة أو بعيد عنها. (شمس الدين، 2004م)

2/ الجريمة البيئة و اقعة قانونية نموذجية: تعد الجريمة البيئة جريمة قانونية نموذجية، معاقب عنها بموجب قانون عقابي خاص، يشترط للمعاقبة عنها تطابق فعل الجاني مع النموذج التجريمي المقرر في قانون حماية وتحسين البيئة الليبي، كونها من جرائم السلوك المؤدي للنتيجة الإجرامية.

3/ الجريمة البيئة جريمة ذات صفة انشائية: بمجرد ارتكاب الفعل البيئي المعاقب عنه وتحقق الضرر بالبيئة كنتيجة لذلك، يحق للدولة بوصفها المسئولية عن حماية المصالح الحمية جنائيا، أن تتدخل في توقيع العقوبات المقررة بموجب قانون حماية وتحسين البيئة (الجهاني، 1993م).

4/ الجريمة البيئة جريمة عابرة للحدود الدولية: جرائم البيئة أضحت تعاني منها جميع دول العالم دونما استثناء حتى المتقدمة منها، كما أن أثرها لا يقتصر على إصابة من يكون بالقرب من المكان، بل تتعدا أثارها لإلحاق الضرر بالغير، فقد يحصل الفعل في دولة ما وتتحقق نتيجته في بلد أخر ، وقد ترمي النفايات في البحر وتطال أثارها أي دولة أخرى ، كما قد تتحقق النتيجة على الفور وقد تتراخي مددا طويلة من الزمن.

5/ الجريمة البيئة جريمة مقرونة بجزاء جنائي: لم يخلو قانون حماية وتحسين البيئة الليبي من النص على عقوبات جنائية، يستوجب توقيعها على كل مخالف لما تضمنته التشريعات القانونية النافذة، حيث يمثل الجزاء رادعا قانونيا لمرتكب الفعل البيئي أين كان نوعه. (الملكاوي، 2008م)

المطلب الثاني: أركان جريمة التلوث البيئي

لإضفاء المسئولية الجنائية على فعل المتسبب في ارتكاب جريمة التلوث البيئي، يشترط توافر أركان الجريمة في صورتها الكاملة، كغيرها من الجرائم ذات القالب الحر، التي لا يستلزم ارتكابها أتباع وسيلة معينة دون غيرها، وجريمة التلوث البيئي يتطلب أن تكون مكتملة الأركان، وهي تتمثل في ثلاثة أركان، الركن الشرعي والركن المادي والركن المعنوي، وهو ما سنعرض لبيانه في هذا المطلب بشي من الإيجاز وفقا لما يلي:

أولا: الركن الشرعي: يتمثل هذا الركن في أتصاف الفعل المكون للسلوك الإجرامي في الجريمة البيئة بعدم المشروعية، وذلك من خلال النص على تجريمه وفقا لما تقره سياسة التجريم والعقاب، التي تعد من مهمة المشرع دون غيره، باعتباره من أنيط به رسم السياسة الجنائية العقابية. ولما كانت كذلك فإن تجريم الفعل البيئي، يشترط النص عليه بموجب قانون يجرمه، كونه ينل بمصلحة أولاها المشرع بالحماية لما لمسه من خطر يهددها، والفعل المتسبب في التلوث البيئي، يعد مجرم وفقا لأحكام التشريع الجنائي الليبي المشار إليه انفا، وهو ما يجعل من ركن عدم المشروعية متوفرا في حق الجاني المتسبب في التلوث (الجهاني، 1993م).

ثانيا: الركن المادي: غالبا ما ترتكب جريمة التلوث البيئي في صورة جريمة عمدية، وأن ندر ارتكابها بطريق الخطاء، إذ يشترط بالإضافة إلى توافر الركن الشرعي توافر الركن المادي بعناصره الثلاثة: (السلوك الإجرامي، النتيجة، علاقة السببية)، كرابط قانوني يربط فيما بينهما، وهو ما سنبينه وفقا لما يلي:

1/ السلوك الإجرامي: قد يتخذ السلوك الإجرامي المكون للركن المادي لجريمة التلوث البيئي أحدى صورتين الأولي إيجابية والأخرى سلبية، الصورة الإيجابية : تتحقق فيما يصدر عن الجاني من " سلوك مادي ملموس " يمكن مشاهدته كمظهر خارجي، يسهم في اختلال التوازن بالبيئة المحيطة بالإنسان، كمن يرمي النفايات أو مخلفات القمامة على الشارع بالقرب من الأحياء الأهلة بالسكان، يتحقق من خلالها تعرضهم للأمراض وإصابتهم بالأوبئة أو الفيروسات وعلى وجه يلحق بهم الضرر، ذلك أن القانون لا يعاقب على النوايا والاحاسيس والمشاعر الداخلية التي يضمرها الأشخاص في قرارة أنفسهم، وإنما يشترط خروجها إلى حيز الوجود على هيئة أفعال مادية ملوسة ومشاهدة، ذلك أن الفعل هو محل التجريم لا النية (أنظر بذات المعني سلامة ، 2003م).

وقد يتخذ السلوك الإجرامي في جريمة التلوث البيئي صورة سلبية ، تظهر في امتناع الجاني عن تنفيذ التزام يفرضه القانون للحيلولة دون وقوع النتيجة المعاقب عليها ، كمن يمتنع عن تنفيذ وضع القمامة أو النفايات والمخلفات في الأماكن المخصصة لها ، كمكبات مرحلية لتسهيل نقلها للمكب العام ، فيتسبب في إلحاق الأضرار بغيره ، فالجاني هنا ترك تنفيذ التزام قانوني قائم ومقرر قانونا لحماية مصلحة من المصالح المحمية جنائيا ، وهي حماية البيئة من التلوث ، فتحققت تبعا لذلك النتيجة التي يعاقب عليها القانون ، المتمثلة في حصول الضرر بنفسه أو بغيره ، ويسمي هذا النوع من الجرائم بجرائم " الترك أو الامتناع " وهي جرائم سلبية تظهر في صورة أحجام أو امتناع الجاني عن إتيان فعل وجب تنفيذه ، فأين كانت صورة السلوك الإجرامي المكون للركن المادي لجريمة التلوث البيئي إيجابيا كان أم سلبيا ، فهي محققة لنتيجة يعاقب عليها القانون ، ويكون معها الركن المادي متوافر في حق الجاني مرتكب الفعل البيئي ، ذلك أن القانون لا يشترط تحقق نتيجة معينة ، إذ يكتفي بتحقق الامتناع كسلوك للمساءلة عن الجريمة(الملكاوي، 2008م).

2/ النتيجة الإجرامية: يشترط لمساءلة الجاني عن فعله المادي الملموس تحقق نتيجة يعاقب عليها القانون، تتمثل في ألحاق الضرر بمصلحة محمية جنائيا، وهي حماية البيئة من التلوث، فمتي ترتب عن الفعل نتيجة، وكانت تلك النتيجة قد حصلت بسبب السلوك، فأن النتيجة تكون محل اعتبار في توقيع العقوبة، وهو ما يجعل الجاني مسئولا عن جريمة التلوث البيئي. غير أنه في الصورة السلبية لا يشترط تحقق نتيجة ، ذلك أن الجريمة قد ترتكب بسلوك مجرد خال من النتيجة ، كما أنه لا يشترط في النتيجة تحققها في الحال ، فقد تتراخى فترة طويلة من الزمن ، كما قد يختلف مكان ارتكاب الجريمة عن مكان تحقق النتيجة ، كمن يحرق بالنار مخلفات أو نفايات وتصل أبخرتها ، أو ما يسمى برداد الحرق إلى غيره من البشر أو الكائنات الحية من الحيوانات أو النباتات ، ويلحق بها ضررا أو يخل بالتوازن المعتاد للبيئة، وهو ما يعرف بالنطاق الزماني للنتيجة الإجرامية وهي سمة غالبة في الوقوع ، كما قد تحدث النتيجة في أماكن بعيدة وبعد مضي مدد طويلة ، بينما يكون السلوك المخل بالبيئة قد حصل في حدود دولة بعيدة عنها ، خاصة وأن التأثير قد يحدث بعد سنوات طوال ، وتظهر الصورة جليه فيما تلقيه السفن والبواخر من نفايات أو تسريبات لمواد نفطية في المياه الاقليمية لدولة ما، تلحق الضرر بالثروة السمكية للدولة الساحلية ، أو تسهم في تلوث شواطئها أو تلوث الأنهار بها ، أو تلوث الأبخرة لطبقات الجو العليا لديها ، أثر رداد الحرائق المنبعث من مخلفات البيئة ، تحرقها دولة أخري قريبة أو بعيدة عنها . وهو ما يعرف بالنطاق المكاني للجريمة ، وقد سبق وأن بينا عند إيضاح خصائص الجريمة البيئة كونها من الجرائم العابرة للحدود الدولية للأوطان ، حيث حرص المشرع الجنائي الليبي على عدم تحديد الضرر البيئي حماية للبيئة ورغبة في تحسينها ، باعتبارها المحيط الذي يعيش فيه الإنسان وجميع الكائنات الحية ، بما فيها الماء والتربة والغذاء من التلوث ، في صورة تشمل كل ما من شأنه أن يحقق الأضرار على الفور في مدة وجيزة أو بمضي الزمن ، ومن وجهة نظرنا فأن رائه حالف الصواب فيما ذهب إليه ، درأ لكل ما من شأنه الأضرار بالبيئة ، ليشمل المفهوم كل ضرر يمس التراب والماء والهواء (الحلو، 1994م).

3/ علاقة السببية: للمساءلة عن جريمة التلوث البيئي يشترط وجود علاقة سببية، كرابط قانوني يربط السلوك الإجرامي الصادر عن الجاني بالنتيجة الإجرامية، التي تحققت أضرار بالبيئة تبعا لذلك السلوك، بمعني أن النتيجة ما كانت لتحصل لولا ذلك الفعل المسبب في التلوث البيئي، في أي صورة كان إيجابية أم سلبية ، وهو ما يتطلب لإسناد النتيجة لمرتكب الفعل البيئي ، أما اذا كانت النتيجة مستقلة عنه ، فأن الركن المادي للجريمة لا يكون متوافر (بارة، 2021م).

وتبعا لما تقدم، فأنه متي توافر السلوك والنتيجة وكانت هناك علاقة سببية، كرابط قانوني يربط بينهما، فأن الركن المادي بعناصره الثلاث يكون متوافرا في حق الجاني مرتكب جريمة التلوث البيئي. وأن كانت الصعوبة التي تثار في أثبات طبيعة الضرر البيئي ، كونه ضرر غير مباشر هي سمة لا يمكن أغفالها، وهو ما أوجد صعوبة في تحديد الضرر البيئي متي تداخلت

معه عوامل أخرى، غير أن المشرع الجنائي الليبي سبق، وأن حسم ذلك النزاع بتبني نظرية السبب الملائم ، التي يقارن بناء عليها سلوك الجاني مع سلوك الرجل المعتاد المتواجد في ذات الظروف ، سواء تعلق بجرائم السلوك والنتيجة أو بجرائم الضرر ، رغبة في عدم افلات الجاني من العقاب ، وهو ما نرى بأنه مسلك محمود من جانب المشرع الجنائي ، كون علاقة السببية تنازعها عديد النظريات العلمية التي حاولت تحديد معيارها (الهنداوي، 1985م).

ثالثا: الركن المعنوي : لا يكفي توافر الركن المادي لمساءلة الجاني عن جريمة التلوث البيئي ، وإنما يشترط علاوة على ذلك توافر الركن المعنوي ، وهو الرابط بين السلوك الإجرامي والجاني مرتكب الفعل المتسبب في التلوث البيئي ، متمثل في القصد الجنائي العام بعنصريه العلم والإرادة ، بمعني أن يعلم الجاني مرتكب الفعل البيئي ، بأن فعله يؤذي إلى التعريض للخطر أو الإضرار بعناصر البيئة المحددة على سبيل الحصر في المادة الأولي من القانون الليبي رقم (15) لسنة 2023م في شأن حماية وتحسين البيئة ، ومع ذلك تتجه أو تنصرف إرادته لارتكابه ، رغبة منه في تحقق النتيجة المترتبة بعد علمه بكامل عناصرها ، فالجاني هنا يعلم بأن سلوكه معاقب عليه ، ومع ذلك فأنه يرغب تحقيق النتيجة المعاقب عنها باتجاه إرادته لاقترافها أو أنه يتوقعها حصولها ، وتطابق فعله مع النموذج القانوني المعاقب عن جريمة التلوث البيئي ، مما يجعل من القصد الجنائي العام متوافر في حقه ، غير أن القصد الجنائي العام لا يكفي لإضفاء المسئولية عن الفعل بل يستلزم بالإضافة لذلك ، توافر قصد جنائي خاص قوامه نية الاضرار بالبيئة بأحداث التلوث البيئي ، بمعني أن مرتكب الفعل البيئي المجرم لا يكفي علمه بتجريم الفعل واتجاه إرادته لارتكابه ، بل لابد من توافر نية اضراره الفعلي بالبيئة بأحداثه للتلوث أو تعريضها للخطر ، وهو القصد المعول عليه في اسناد المسئولية الجنائية للجاني ، أما إذا جهل الجاني أضرار فعله بالبيئة وحدث الاعتداء ، فأن القصد الجنائي لا يعد متوافر في حقه ، كما أن جريمة التلوث البيئي وأن كان الأصل ارتكابها بطريق العمد ، إلا أنه يمكن ارتكابها بالخطاء الغير العمدي ، باتجاه إرادة الجاني لأحداث السلوك بسبب الإهمال أو الرعونة أو عدم الاحتياط أو عدم مراعاة اللوائح والقوانين والأنظمة دون تحقق النتيجة ، ومسألة أثبات الضرر البيئي في الجرائم المادية ، مسألة موضوعية يختص ببيانها قاضي الموضوع دون غيره ، ولا رقابة عليه من المحكمة العليا الليبية باعتبارها محكمة قانون لا محكمة وقائع (بارة، 2021م).

مما تقدم يمكن القول بأنه متي توافرت أركان جريمة التلوث البيئي الثلاثة، الركن الشرعي والمادي والمعنوي ، فأن الجاني يعد مسئولا عن فعله المخالف لأحكام القانون الليبي رقم (15) لسنة 2023م في شأن حماية وتحسين البيئة، والذي جاءت أحكامه متوافقة مع ما نصت عليه أغلب قوانين حماية البيئة وما أقرته المواثيق والاعلانات الدولية، خاصة بعد أن تتالت الدعوات المتكررة والنداءات الداعية في الملتقيات والمؤتمرات الدولية المتخصصة بالبيئة وأحوال المناخ لوجوب المحافظة على البيئة ، بوصفها المعني والمحيط الأول لاستمر حياة الإنسان ، وكونها مرتكز لحياة جميع الكائنات دونما استثناء ، خاصة بعد الوقوف على يخلفه التلوث البيئي من أضرار وخيمة ازدادت حدتها في أواخر القرن الماضي ، وبشكل لافت للانتباه أثر تأثر دول العالم بأسره ، بما أفرزه التطور العلمي في المجال التقني ، وظهور أجسام قانونية متخصصة في عديد الأنشطة الصناعية ، تولد انبعاثات وأبخرة ورداد متطايرة تضر بالبيئة بطريق مباشر أو غير مباشر (شمس الدين، 2004م).

المبحث الثاني: الاشخاص المسئولة عن حماية البيئة وأحكام المسئولية عن التلوث البيئي

من المتفق عليه جنائيا كقاعدة عامة اقتصار المسئولية عن الفعل البيئي على الشخص الطبيعي ، باعتباره المتمتع بنعمة بالشعور والإدراك ، لقدرته على التميز بين الخير والشر والحسن والقبيح ، ولتوافر في حقه عنصر المسئولية الجنائية عما يحدثه من جرائم ، استنادا لمبدأ شرعية الجرائم والعقوبات المحدد لخصائص العقوبة ، غير أن المسئولية عن التلوث

البيئي ، امتدت وباتت تشمل الشخص المعنوي ، وأن كانت مسئوليته قد أثارت جدلا واسع في أوساط الفقه الجنائي ، الذي أنقسم على أثرها بين مؤيد ومعارض ، إلا أن جل التشريعات الجنائية الحديثة اليوم وبما فيها التشريع الجنائي الليبي ، نصت علي مسئولية الشخص المعنوي عما يحدثه من أضرار بالمصالح المحمية جنائيا لتشمل البيئة ، باعتبارها مصلحة تتعلق بدوام واستمرار الحياة ، خاصة بعد ثبات ارتباط أعماله بما جلبه التطور التقني المتسارع في شتي مناحي الحياة ، وهو ما وسع النظرة الجنائية أثر امعانه في التسبب في جرائم التلوث البيئي ، نتيجة تعدد ما يتبعه ليس على الصعيد الوطني فحسب ، بل امتدت جرائمه لتشمل الصعيد الدولي ، بعد الشعور العام لدي أغلب دول العالم بالخطر الداهم من التلوث البيئي ، الذي أعقب الثورة الصناعية في المجال التكنولوجي ، إذ بمرور الزمن برزت عديد الأنشطة التي تديرها الأشخاص المعنوية المتمتعة بالشخصية القانونية والذمة المالية المستقلة والمتخصصة في عديد الصناعات، التي أضحت تخلف تلوث بيئي أثر مزاولة لأنشطتها ، وهو ما جعل مسئوليتها تحضي باهتمام واسع ومتزايد ، أسهم في ارساء وتعزيز أحكام المسئولية الجنائية ، وعلى وجه وسع من دائرة نطاق التجريم في المجال البيئي ، ليشمل المسئولية عن أفعال الغير ، لذا بات من الضروري التعرض لأوجه الحماية الجنائية المقررة للبيئة ، بموجب أحكام القانون الليبي رقم (15) لسنة 2003م في شأن حماية وتحسين البيئة ، وذلك بتحديد الأشخاص المسئولة عن حماية البيئة، وبيان أحكام المسئولية الجنائية في شأنها من خلال مطلبين وفقا للاتي :

المطلب الأول: مسئولية الشخص الطبيعي والمعنوي عن حماية البيئة.

المطلب الثاني: أحكام المسئولية الجنائية عن جريمة التلوث البيئي وفقا للقانون الليبي.

المطلب الأول: مسئولية الشخص الطبيعي والمعنوي عن حماية البيئة

أولاً: مسئولية الشخص الطبيعي: من المعلوم بأن الإنسان هو المعني الحقيقي بأحكام بالمسئولية الجنائية، عما يحدثه من تلوث بيئي يعرض البيئة للخطر، بوصفها المحيط الذي يجمع عيشه مع باقي الكائنات الحية، فالإنسان أضحي يزاول عديد الأنشطة ويستخدم وسائل التكنولوجيا التقليدية والحديثة، التي أتاحت أمامه فرص استثمار عديد الموارد الطبيعية ، إلى أن باتت أنشطته توثر تأثير بالغ الخطورة في البيئة ، نتيجة ما أحدثه من تلوث على مر الازمنة ، لهذا فأن القانون الليبي رقم (15) لسنة 2003م في شأن حماية وتحسين البيئة ، ومن خلال ترسيمه لسياسة جنائية تجريمية تحافظ على حماية البيئة وتسهم في تحسينها ، وسع من نطاق مسئولية الشخص الطبيعي ، حرصا منه على توافر حماية جنائية للبيئة ، فجعل منه مسئولا عن كل حالة أو ظرف ينشأ عنه تعريض صحة الإنسان ، وجميع الكائنات الحية للخطر البيئي .

إذ يعد موضوع التلوث البيئي من الموضوعات الحديثة، التي شغلت اهتمام رجال الفكر والقانون في شتي المجالات، كما لم تنل حقها من البحث لاستجلاء خطر التلوث البيئي، الذي باتت دائرته تتسع في كل لحظة وحين، وهو ما جعله يشكل مخاوف قد تندر الإنسان بالرحيل من كوكب الأرض مستقبلا، خاصة مع استمرار الاعتماد المباشر على وسائل الطاقة التقليدية، وإهمال البدائل المستحدثة للطاقة النظيفة كصديقة للبيئة.

ومهما يكن من أمر لا يزل الإنسان هو المحرك الفعلي ، والمساهم المباشر في إدارة التلوث البيئي، حيث يشهد العالم اليوم توسعا غير منقطع النظير في عديد الأنشطة والمجالات، التي تخدم مصلحة الإنسان في شتي مناحي الحياة، وسار بين ما تخلفه من تلوث بيئي ، لا يمكن أغفاله أو التستر عنه ، وهو ما يطرح تساؤلا حول ماهية الأحكام الموضوعية التي تكفل عدم استمرار ما يخلفه الإنسان من تلوث يخل بالتوازن البيئي؟ ، ولحماية البيئة في ليبيا ، فقد أفرد المشرع الجنائي الليبي

عديد الأحكام الكفيلة بتوفير الحماية القانونية للبيئة في عشرة فصول متتالية من القانون ، تنوعت بموجبها أوجه الحماية المقررة للبيئة بأنواعها ، سعيا منه في توسيع نطاق الحماية فيما يتعلق بالتلوث البيئي ، وعلى كل حال لم تثر مسئولية الشخص الطبيعي أي خلاف بشأن اسناد المسئولية إليه فيما يحدثه من تلوث بالبيئة.

ومما تقدم يمكن لنا القول بأن المشرع الليبي، قد وسع من نطاق المسئولية الجنائية للمتسبب في جريمة التلوث البيئي، الذي قد يكون معه فاعل أو شريكا في الجريمة، ومن ثم فأن جل التشريعات العربية تتجه إلى الاخذ بالمفهوم الموسع في المسئولية عن فعل الغير، لتسهيل مساءلة المتسبب في جريمة التلوث البيئي، كونها من الجرائم التي باتت واسعة الانتشار، وأن كانت لها طبيعة خاصة. (شمس الدين، 2004م)

ثانيا: مسئولية الشخص المعنوي : لم يقتصر المشرع الجنائي الليبي حماية البيئة على الشخص الطبيعي ، بل امتدت لتشمل الشخص المعنوي ، باعتباره الاقرب في التسبب بالتلوث البيئي ، خاصة بعد أن أضحت الأشخاص المعنوية ذات شخصية معتبرة قانونا ، وتتمتع بذمة مالية مستقلة وفقا لقرار أنشائها ، يجعلها قادرة على تحمل مسئولية ما تسببه منشأتها من أضرار بالبيئة ، فبعد أن طوي الزمن على الحرف البداية التقليدية أثر التقدم الهائل في المجال التكنولوجي ، أصبح الشخص المعنوي متمثلا في شركات أو تشاركيات أو مصانع أو منشآت أو مؤسسات أو هيئات أو أجهزة عامة وطنية أو أجنبية ، ملزما ببذل كافة الجهود لوقف ظاهرة التلوث البيئي ، والمساهمة في الحد من أنتشار تلك الظاهرة الخطيرة ، وأوجب عليه القانون إزاله أي تلوث أي كان شكله (أنظر م3 من قانون حماية البيئة الليبي).

كما الزم الشخص المعنوي المدير لأنشطة، أن يبلغ عما تحدثه أنشطته من تلوث بيئي، وأن يقم بالتبليغ عن كل الحوادث التي تقع منها بسبب العمل وتسهم في التلوث البيئي، وإضافة لذلك ألزمت الجهات العامة بضرورة أتباع الطرق والوسائل الكفيلة بالمحافظة على توازن البيئة، عند وضع مخططاتها المتعلقة بالتطوير العمراني وأنشاء المدن السكنية، وإقامة المصانع وغيرها من المنشآت الأخرى، كما ألزمها بتنفيذ الشروط الخاصة بمنع الضوضاء والضجيج ومقاومة الاهتزازات (أنظر المواد 5/4 من القانون).

وأجاز المشرع الليبي للجهة المختصة بحماية البيئة، أن تقوم بالتفتيش والاشراف في مجال حماية البيئة، ولها جمع العينات وقياس حجم التلوث، وإمعانا في توفير الحماية الجنائية للبيئة، أنشاء بموجب أحكام القانون الليبي رقم (15) لسنة 2003م في شأن حماية وتحسين البيئة، جهاز يسمي (جهاز الشرطة البيئية) أسندت إليه مهمة التفتيش البيئي، ومنح أعضائه صفة مأموري الضبط القضائي وفقا لقانون الإجراءات الجنائية الليبي، وذلك بالنسبة للجرائم التي ترتكب بالمخالفة لأحكام هذا القانون (أنظر المواد 9/8 من القانون الليبي).

وقد أفرد المشرع الجنائي الليبي أوجه حماية البيئة الجوية في الفصل الثاني من هذا القانون بالمواد (17/10)، تضمنت النص بعدم الجواز لأي منشأة أو مصنع تنبعث منه أية ملوثات للهواء ، مخالفة للقواعد والمعايير العلمية المعتمدة تنفيذا لأحكام هذا القانون ، ويسري هذا النص على السفن التي تكون في طور التشغيل التجريبي ، وعليها اتخاذ الإجراءات الفورية في حالة وقوع حادث أو طارئ ، يؤدي إلى الاضرار بالصحة العامة أو ينتج عنه تلوث للبيئة في المنطقة المحيطة بالمصنع أو المنشأة التي وقع فيها الحادث ، كما منع عليها بوصفها شخص معنوي أن تمنع إشعال النيران في المواد المطاطية والنفطية والقمامة ، وكذلك المواد العضوية الأخرى ، لغرض التخلص منها في المناطق الأهلة بالسكان أو المجاورة لها. (أنظر المواد 14-10)

كما لم يجز المشرع الليبي نقل المواد الخطرة أو التي ينتج عنها أثناء نقلها انبعاثات أو أبخرة إلى الهواء مما يؤدي إلى تلوث البيئة، مع منع الترخيص باستعمال المركبات الالية، إلا بعد اجتيازها للاختبارات الخاصة بالاحتراق الداخلي ونوعية الوقود، ويسري ذات الحكم على المركبات الاجنبية التي تستعمل الاراضي الليبية، إذا جاوزت فترة بقائها ستة أشهر (أنظر المادة 16).

كما الزم مؤسسات الشخص المعنوي بضرورة اتباع المواصفات المعتمدة، وخصص الفصل الثالث لحماية البحار والثروة البحرية في المواد (38/17)، حيث حظر الصيد بواسطة المفرقعات والمواد السامة أو المخدرة أو أي وسيلة تضر بالكائنات البحرية ، كما حظر على السفن والناقلات والعائمات والوحدات البحرية، أن تلقي في الموانئ أو المياه الاقليمية أي مخلفات تخص الوقود أو المواد الكيماوية أو أي فضلات أو قاذورات أو نفايات أو مواد سامة أو مخلفات على شواطئ البحر أو المياه الاقليمية ، بما فيها الزيت وغسيل الصهاريج، مع سريان ذلك على كافة السفن أين كانت جنسيتها، محددا حالات على سبيل الحصر تجيز ذلك وتحت ضرورة ملحة (أنظر المواد 23/22 ، كذلك المادة 33 من ذات القانون). كما ألزمت جميع السفن والبواخر التي تحمل العلم الليبي، بضرورة الإسراع في التبليغ عما تلاحظه من تلوث، محددا الترتيبات الضرورية للتخلص من النفايات، وفق شروط مقررة لتنفيذ تلك الترتيبات (أنظر المواد 27/26/25).

مع الزام الحظر في تصريف المياه الملوثة بالبحر قبل معالجتها حسب التشريعات القانونية النافذة ، مع تكليف مأموري الضبط بجهاز الشرطة البيئية ، بتفتيش السفن وتوثيق حالات التلوث البيئي ، بموجب محاضر يوثق فيه كل ما تمت ملاحظته ، رغبة من المشرع الليبي في توسيع نطاق الحماية الجنائية للبيئة البحرية ، وأحكام المسئولية المقررة عن التلوث البيئي ، ومعانا في توفير الحماية خصص الفصل الرابع لحماية المصادر المائية (أنظر المواد 39- 47)، كما أفرد حماية مقرر للمواد الغذائية .(أنظر المواد 48-50) ، مخصص الفصل السادس للإصحاح البيئي (م51) ، والفصل السابع للحماية من الأمراض المشتركة (م 52). كما قررت حماية التربة والنباتات في الفصل الثامن من القانون م(53-55) وحماية الحياة البرية في الفصل التاسع (م 57/56) ، بينما خصص الفصل العاشر لبيان أوجه السلامة الجينية الخاصة بحماية البذور والموارد الطبيعية (أنظر المواد 58- 63).

المطلب الثاني: أحكام المسئولية الجنائية عن جريمة التلوث البيئي في القانون الليبي

مما تقدم يمكن لنا القول بأن المشرع الليبي، لم يغفل عن تحديد أحكام المسئولية الجنائية الناشئة عن التسبب في جريمة التلوث البيئي ، حيث خصص الفصل الحادي عشر لبيان أحكام المسئولية الجنائية عنها ، في ترسيم لسياسة جنائية تكفل المحافظة على البيئة بمختلف مسمياتها وتحدد آليات مكافحتها ، سبيلا لدرأ ما ينشأ عنها من مخاطر ، حيث تضمنت المواد (64- 76) من الفصل الحادي عشر من القانون ، تحديد عديد العقوبات المقررة ، كجزاءات جنائية عن جريمة التلوث البيئي ، وعلى نحو جعل منه يحيط بكل شاردة وواردة فيما يتعلق بأحكام المسئولية الجنائية عن التلوث أين كان نوعه ، لكون جرائم التلوث تعد من أخطر الجرائم في العالم ، لهذا وبعد أن عرضنا لأوجه الحماية الجنائية للبيئة ، كان لزاما علينا بيان أحكام المسئولية الجنائية عن جريمة التلوث البيئي ، وفقا لما جرمه القانون الليبي رقم (15) لسنة 2003م في شأن حماية وتحسين البيئة ، والتي أوردها المشرع في جزاءات عقابية كفيلة بحماية البيئة وتحسينها ، حيث عاقب بموجب المادة (65) من القانون ، بعقوبة الغرامة التي لا تقل عن ألف دينار ولا تتجاوز خمسة الأف دينار ، كل من خالف أحكام المواد، (20/18/15/14/11/10) من هذا القانون ، والتي تعلقت " بمعاقبة كل منشاة أو مصنع تنبعث منها أيه ملوثات للهواء ولو كانت في مرحلة التشغيل التجريبي وقت نفاذ هذا القانون ، كما تعاقب لو تسببت في تعريض الصحة العامة للخطر أو تلويث للبيئة ، وحضر القانون اشعال النيران في أي مواد أو القمامة ، وكذلك المواد العضوية ، كما لم يجز نقل المواد

الخطرة أو التي ينبعث عنها الغبار والأبخرة على نحو يضر بالصحة العامة ، أو ترك المواد العضوية دون أغطية محكمة مما يسبب في تلوث الهواء ، كما يحظر الصيد بواسطة المفرقعات والمواد السامة أو المواد المخدرة أو أيه وسيلة أخري تضر بالكائنات البحرية ، كما يحضر صيد الاسفنج ، متى كان قطره يتجاوز ثمانية سنتمترات .(أنظر م65)

كما عاقب ربانية السفن أو الناقلات أو الوحدات البحرية الأخرى، الذين يلقون في الموانئ أو المياه الاقليمية مواد كيماوية أو مخلفات أو مواد مشعة أو غازات أو مواد سامة أو مفرقعات بقصد التخلص منها أو تخزينها، بعقوبة الغرامة التي لا تقل عن خمسة عشر ألف دينار، كل من يلقي في الموانئ أو المياه الاقليمية القاذورات أو الفضلات أو مخلفات الوقود أو رواسب الخزانات (أنظر المادة 66).

معاقبا ربان السفينة أو مالكها الذي يخالف أحكام هذا القانون، بغرامة لا تقل عن خمسين ألف دينار ولا تتجاوز مائة ألف دينار، مشددا العقوبة في حالة العود الجنائي، لتصل إلى مبلغ لا يقل عن مائتي ألف دينار ولا تتجاوز ثلاثمائة ألف دينار، رغبة منه في حماية البيئة وعدم تعريضها لأي تلوث مهما كان نوعه (أنظر المادة 67).

كما عاقب ربابنة السفن والناقلات ، بغرامة لا تقل عن خمسة الاف دينار ولا تتجاوز عشرة الاف دينار ، في حالات عدم " مسك سجلات الزيت ، وعدم القيام بتسجيل عمليات الشحن ، وفي حالة إلقاء نفايات تضر بالبيئة أو عدم تبليغهم عن ذلك ، أو إعاقة مأموري الضبط من القيام بالتفتيش على السجلات الخاصة بحمولة السفن أو الناقلات ، كما شدد العقوبة في حالة العود الجنائي ، للمعاقبة بغرامة لا تقل عن عشرة ألف دينار ولا تتجاوز ثلاثين ألف دينار ، مشيرا إلى عدم إقامة الدعاوي العمومية إلا بناء على طلب من الجهة التي تحددها اللائحة التنفيذية لهذا القانون (أنظر المواد 68/ 69) .

كما عاقب كل من يلقي أيه مخلفات أو يتخلص منها أو يسهم في إلقاء مواد مضرة بالصحة العامة وبالحيوانات في الخزانات ومجاري المياه، بغرامة لا تقل عن ثلاثة الأف دينار ولا تتجاوز عشرة الأف دينار، وفي حرص من المشرع الليبي على وجوب سلامة ما يورد من سلع ومواد عاقب كل من باع أو عرض للبيع أو تداول أو أفرج عن مواد غذائية مستوردة أو محلية إذا كانت فاسدة أو مغشوشة أو غير صالحة للاستهلاك البشري أو الحيواني أو تالفة أو ملوثة أو تحوي مواد سامة أو نتنة أو عفنة أو غير ذلك (أنظر 71/70 من القانون).

وحرصا من المشرع على حماية الغطاء النباتي، لأهميته في توليد الاكسجين وتحسين مناخ البيئة، فقد حضر قطع أشجار الغابات بدون ترخيص، وحضر إلحاق الضرر بالمساحات الخضراء أو إضرام النيران فيها بأي شكل كان، أو قام بإخفاء أماكن العلامات المحددة للغابات. أو استعمل أدوية ومستحضرات أو مبيدات تضر بالبيئة الزراعية، وامعانا في الحرص على حماية الهواء من التلوث البيئي، عاقب القانون البيئي الليبي، كل من يلقي مخلفات البناء أو النفط أو المواد الكيماوية أو القمامة أو الخردة أو الحيوانات النافقة أو أجزائها في الغابات أو الحدائق أو الشوارع أو الميادين العمومية وغيرها من الأماكن العامة (أنظر المواد73/72).

وفي حماية للبيئة البحرية، جرم القانون القيام بعمليات الصيد بدون ترخيص أو القيام بالصيد في المناطق المحمية والغابات غير الطبيعية والمحفوظة ومحطات التجارب الصناعية، حيث عاقب بغرامة لا تقل عن ألف دينار ولا تتجاوز خمسة ألاف دينار (م 74). كما عاقب بغرامة لا تقل عن خمسين ألف دينار ولا تتجاوز مائة ألف، كل من خالف أحكام المواد (59/ 60/ 63) من هذا القانون، والتي حضر بموجبها إدخال أو استيراد أو بيع الكائنات المحورة أو استخدامها كأغذية أو أعلاف أو التعامل معها بأي طريقة كانت، وعدم السماح بالاستخدام المعزول لنتائج التقنية الحيوية، إلا بإذن مسبق

من الجهة المختصة وبعد أخذ الفحوصات، كما حضر استيراد محسنات النمو المعالجة، والتي ينشأ عنها خطر بيئي يضر بمستقبل التنوع الحيوي النباتي والحيواني (أنظر المادة 75).

وفي خلاصة ما تقدم يمكن لنا الإجابة عما أثارته اشكالية البحث حول س/ ماهي البيئة الواجب توافرها للمحيط الذي يعيش فيه الإنسان وباقي الكائنات الحية، وماهي الشروط الواجبة بشأنها؟ وذلك بالقول بأن المشرع كان حريصا على إحاطة الإنسان ببيئة نظيفة، تكفل له العيش الامن الخالي من الامراض والاوبئة والفيروسات ، وكل مأمن شأنه أن يلحق به الضرر نتيجة التلوث البيئي ، كما أن المطلع على أحكام القانون البيئي الليبي ، يلاحظ حرص المشرع على توفير الحماية الجنائية للبيئة بمفهومها الواسع دوم قصرها على نوع بعينه ، وعلى نحو يتحقق معه استيعاب كل ما يمكن أن يمثل تلوث بيئي في المستقبل ، وهو ما يجعله يخلو من أي قصور ، خاصة في إحاطته المستفيضة بأوجه الحماية المقررة للبيئة بجميع أنواعها ، ولعل ذلك هو ما يظهر توافق أحكام القانون ومواءمتها مع ما تضمنته الاتفاقيات والمواثيق الخاصة بحماية البيئة من التلوث أين كان نوعه .

الخاتمـة:

لاشك أن المتتبع لما تضمنه البحث من خطة منهجية ، يلمس حاجة القاري القانوني لموضوع من الموضوعات الهامة والمهمة، التي باتت تشغل فكر الإنسان حيثما كان وحل ، فحماية البيئة من التلوث ، تعد مطلبا تتطلع إليه جميع الكائنات قاطبة دونما استثناء ، خاصة بعد أن أضحي الأضرار بالبيئة بين ، ويشكل خطرا داهم يهدد حياتها ويزعزع استقرارها ، لهذا جاء البحث هادفا لمعالجة أحدي أهم الظواهر السلبية على حياة الإنسان ، سبيلا لمحاولة إيجاد حلول ناجعة لها ، تكفل حماية البيئة وتصونها من التلوث ، حيث قسمنا البحث لمبحثين تناولنا في المبحث الأول تحديد ماهية وخصائص جريمة التلوث البيئي في المطلب الأول ، بينما بينا أركان الجريمة في مطاب ثان ، أما المبحث الثاني فقد خصص لبيان الأشخاص المسئولة عن أحداث جريمة التلوث البيئي ، حيث بينا مسئولية الاشخاص الطبيعية والمعنوية محددين التزاماتها في حماية البيئة من التلوث في مطلب أول ، ومستعرضين أحكام المسئولية الجنائية عن الجريمة في مطلب ثان.

وهو ما أسهم بشكل كبير في استجلاء أوجه الحماية البيئية المقررة ، وبين أحكام المسئولية الجنائية بشأنها، وفقا لأحكام القانون الليبي رقم (15) لسنة 2003م في شأن حماية وتحسين البيئة ، وذلك في خطة منهجية هدفنا من خلالها ، بيان الضرر البيئي ، وفيما يلي نعرض لجملة من النتائج التي توصل إليها البحث ، مع إيراد توصيات رأينا ضرورة تضمينها، لمحاولة تبصير القاري الكريم بكل ما يخص موضوع التلوث البيئي باعتباره من المواضيع الحديثة ذات الحساسية العالية لارتباطه بحياة الكائنات الحية اينما وجدت ، بما فيها الإنسان دعما للحماية من التلوث البيئي .

أولا: النتائج:

1/ استنتج الباحث حساسية موضوع التلوث البيئي، خاصة بعد تزايد وتيرة الصناعة وتطور الحرف، بوصفه أحدي الموضوعات المهمة التي باتت تورق دول العالم باسره، مع مطلع هذا القرن.

2/ انعدام الوعي المجتمعي الهادف للتوعية من أضرار التلوث البيئي، هو ما يدفع لضرورة تحسين مناخ البيئة على نحو ملائم للعيش.

3/ تعرض البيئة بأنواعها للأضرار نتيجة التلوث، وعلى نحو فاقم من الظاهرة المضرة والخطيرة، في إشارة إلى أن الحفاظ على البيئة يعد مسئولية مشتركة، تتطلب تكاتف الجميع وبدل الجهود من الافراد والمؤسسات على حد سواء.

4/ القصور في تطبيق الجزاءات العقابية الرادعة لتوفير حماية للبيئة وتحسينها، جعل مخاطر التلوث البيئي تزداد وعلى نحو يدل على أن البيئة لم تحضي بالحماية الكافية إلى يومنا هذا.

5/ عدم الاستفادة من البدائل المستحدثة لحماية البيئة، وعدم الكف عن استعمال الوسائل التقليدية المسببة في التلوث.

ثانيا: التوصيات:

1/ يوصي الباحث بضرورة رفع مستوي التوعية والارشاد الصحي، لما يجلبه التلوث البيئي من مخاطر وأضرار وخيمة، تهدد الوجود الإنساني بصفة خاصة والكائنات الحية بصفة عامة.

2/ التوجه نحو استخدامات الطاقة البديلة النظيفة كصديقة للبيئة، والعمل على التوسع في التشجير وزيادة المساحات الخضراء والتقليل من الأنشطة الكربونية، واعتماد إعادة التدوير والتقليل من ردم نفايات القمامة كخيار يحمي البيئة من التلوث.

3/ الحد من التهاون في فرض العقوبات المقررة لحماية البيئة من التلوث، والعمل على دعم جهاز الشرطة الزراعية والجمعيات البيئية المناط بها حماية البيئة، مع زيادة التوجه نحو إرساء التنمية الخضراء والاقلال من الكربون، والتوجه لاستخدامات الوقود النظيف.

4/ الإسراع في معالجة أوضاع الشركات المتعثرة العاملة في ليبيا بمجال النظافة وحماية البيئة

5/ وضع استراتيجية منضبطة تكفل الاستفادة من خبرات الدول الشقيقة الرائدة في مجال مكافحة التلوث البيئي واستعمالات الطاقة المتجددة كبديل أمن.

قائمة المراجع:

ابة، م. ر .(2021). *جرائم الاعتداء على الأشخاص* (ط. 2).

الحلو، م. ر .(1994). *قانون حماية البيئة*. المكتبة القانونية.

الجهاني، أ. (1993). في مجموعة أعمال المؤتمر العلمي السادس للجمعية المصرية للقانون الجنائي (ص. 18). دار النهضة العربية.

الهنـداوي، ن .(1985). *الحماية الجنائية للبيئة*. دار النهضة العربية.

الهريش، ف. ص .(1988). *الحماية الجنائية للأنشطة الزراعية*. منشورات جامعة قاريونس.

شمس الدين، أ. ت .(2004). *الحماية الجنائية للبيئة*. دار النهضة العربية.

عبد القوي، م. ح .(2002). *الحماية الجنائية للبيئة الهوائية*. دار النسر الذهبي للطباعة.

كامل، ن. ع .(1993). *نحو قانون موحد لحماية البيئة*. دار النهضة العربية.

الملكاوي، ا. س .(2008). *جريمة تلوث البيئة: دراسة مقارنة*. دار النهضة العربية.

سلامة، أ. ع .(2003). *قانون حماية البيئة ومكافحة التلوث*. دار النهضة العربية.

ابن منظور، م. ب. م .(1994). *لسان العرب* (ط. 3). دار صادر.

القوانين والتشريعات

ليبيا .(1973). *قانون الصحة رقم (106) لسنة 1973*. الجريدة الرسمية.

ليبيا .(2003). *قانون حماية البيئة وتحسينها رقم (15) لسنة 2003*. الجريدة الرسمية

Environmental Protection Aspects and Provisions of Liability for Environmental Pollution under Libyan Law

Mohamed Ali Al-Taieb

Assistant Professor of Criminal Law, Criminal Law Department, Faculty of Law, University of Sirte, Libya

Abstract

The concern for environmental protection has occupied the minds of many specialists in law, economics, health, and other sciences that have placed it on their agenda since the beginning of this century. It has received in-depth studies aimed at warding off the dangers of environmental pollution, especially after observing the serious damages it brings, whose threat is no longer limited to humans alone but extends to all living organisms in their surroundings. This has led to rising international calls advocating for the necessity of providing a clean environment free from any risks that might harm humans or living organisms. Likewise, most criminal legislations have criminalized causing harm to the environment, regardless of its type. The Libyan legislator, like other legislators, has not overlooked environmental protection, dedicating a special criminal law, No. (15) of 2003, concerning the protection and improvement of the environment. Through this legislative vision, the legislator aimed to provide protection for the environment and limit the damage resulting from the crime of environmental pollution. In this research, we will clarify the aspects of environmental protection and the provisions of criminal liability related to it, striving to enrich the legal library with specialized legal research in the criminal field that demonstrates the law's perspective on the environment in all its forms.

Keywords: Environmental protection; Criminal liability; Environmental crime; Libyan environmental law; Law No. (15) of 2003; Environmental pollution.

The First Scientific Conference of the Faculty of Science – Sirte University Environmental Pollution and Challenges of Environmental Sustainability (EPESC), Oct.14, 2025

البيئة والأمن في العلاقات الدولية "دراسة تحليلية مقارنة ليبيا – اليابان"

عبد الله عبد العاطي الفرجاني ومحمد عبد الناصر عبد الجليل

كلية القانون، جامعة سرت، ليبيا

ملخص الدراسة: تتمحور الدراسة حول بحث وجود تعريف محدد لمفهوم البيئة على غرار العديد من المفاهيم والأفكار وهل يمكن التوصل إلى مفهوم شامل ومحدد لهُ لأنه من المفاهيم الخلافية لا يقبل تعريفاً واحداً من جانب كل من يستخدمونه ولتعدد المفاهيم المستخدمة لهذا المصطلح وكذلك القوانين التي تحكمها والتطرق إلى مشكلاتها وعناصرها أمر بالغ الصعوبة. كذلك مفهوم **الأمن** وكيف تغيره في بداية الثمانيات، تجاوزه الأبعاد العسكرية التقليدية للأمن وأهمية التنمية. وبحث متى ظهر الأمن البيئي وبدأ تداوله وكذلك بحث دور للأمم المتحدة والمنظمات الدولية والإقليمية، بعد ظهور نتيجة تلوث البيئة أرضا، ومياها، وهواء. كذلك هل توجد أهمية لمفهوم العلاقات الدولية في ظل التطورات الحديثة في حقول الاتصالات والاختراعات والتطور التكنولوجي التي اختزلت المسافات، اختصرا للأبعاد. كذلك بحث قصور مقررات الأمم المتحدة في حماية الأمن والبيئة لأن الأمم المتحدة أسس ميثاقها عقب ظهور النتائج السلبية التي خلفتها الحرب العالمية الثانية ،حيث ركز على حفظ السلم والأمن الدوليين، للحد من النزاعات الدولية ،وأن المادة(99) لم يتم توسيعها لتشمل البعد البيئي المطروحة في القرن الحالي .والبحث في المقررات الاتفاقيات والبروتوكولات الدولية لحماية الأمن والبيئة، مثل مؤتمر "ستوكهولم" وحول النظام الدولي لحماية البيئة1972م ، كذلك مؤتمر ريودي جانيرو مؤتمر قمة الأرض1992م. و بروتوكول كيوتو التي حوتها اتفاقية الأمم المتحدة الإطارية بشأن تغير المناخ ..إلخ. كما ركزت على بحث دور التشريعات والقوانين الليبية واليابانية لحماية البيئة بمختلف أنواعها سواء كانت البيئة البرية، أو الجوية، أو المائية وكان هناك دور للقطاع الخاصة في اليابان لحماية البيئة.

Article History:

Received: 23 April 2025

Revised: 27 May 2025

Published: 15 November 2025

الكلمات المفتاحية:

الأمن البيئي؛ الأمن القومي؛ البيئة؛ العلاقات الدولية.

مقدمة

يعد مفهوم "الأمن" والبيئة محور اهتمام الدول والفاعلين الدوليين، في العلاقات الدولية، وإن قضية الأمن مسألة قديمة بدأت مع بدء حدوث التجمعات السياسية المنظمة وارتبطت بشعور الجماعات بتميزها عن بعضها البعض وكذلك اختلاف مصالحها، وبالتالي تظهر قيم للمجتمع ويواجه تهديدات مختلفة ومن هنا يولد نوع من العلاقات بين هذه الجماعات أو الدول، قد تكون علاقات تعاون وصداقة أو علاقات صراع وعداء، وعلية ظهرت قضية الدفاع عن المصالح والقيم الخاصة بالجماعة في مواجهة الجماعات الأخرى وأثير موضوع كيفية مواجهة تلك التهديدات بين الجماعات المتصارعة. وينم عن ذلك مضمون ميثاق عصبة الأمم في مؤتمر صلح فرساي عام 1919م، وميثاق هيئة الأمم المتحدة 1945م، وما جاء بهما من "أن السلم والأمن الدوليين هما الأهداف والمبادئ الأساسية للمنظمتين، على أن يتم تحقيقه بالتعاون الدولي(**مقلد، 1985، ص672- 693**). وما نص عليه ميثاق جامعة الدول العربية والاتحادات الدولية، على المستوي الإقليمي. وعلى المستوي التنظيري، يلاحظ أن علم العلاقات الدولية –وغيره الكثير من فروع العلوم الاجتماعية-قد تطورت وازدهرت بعد مؤتمر فرساي للسلام عام1919م، ومما عكسه من تطور معرفي شهدته تلك العلوم، على رأسها علوم الفلسفة السياسية، والتاريخ الدبلوماسي، والعسكري، والقانون الدولي، حيث كان "الأمن" محوراً لها(**ulich Albrecht and Hans Brauch .p.p.476-485**) وقد استمر هذا الاتجاه –الخاص بمحوريه الأمن- دون تراجع وعلية، فإن أي حدث من شأنه أن يوقع خسائر بشرية، ويهدد حياة آخرين، ويتطلب رد فعل الدول- الفاعلين من غير الدول- و يعتبر تهديداً للأمن الدولي ككل، وهنا تقسم تلك التهديدات إلى 5 فئات: "1" التهديدات الاجتماعية والاقتصادية والفقر، الأمراض، التدهور البيئي، "2" الصراع داخل الدولة الواحدة، "3" الأسلحة النووية و الكيماوية، والحيوية والإشعاعية، "4" إرهاب الدولة المنظم والإرهاب بشكل عام، "5" الجريمة المنظمة العابرة لحدود الدولة (**Report of the Secretary، 2004 ، p.2**)، بالتالي بدأ مفهوم الأمن البيئي يتداول بكثرة في السبعينيات من القرن الماضي في المنظمات الدولية والإقليمية وعلي رأسها الأمم المتحدة ،حيث بدأت المخاطر تتضح بقوة نتيجة لتلوث البيئة أرضا ، و مياها، وهواء، نتيجة مخلفات وعوادم الحضارة، حتى وصلت ألي تهديد الوجود البشري برمته نتيجة لتصاعد هذه السموم و الغازات إلي طبقات الهواء العليا، وغلاف الكرة الأرضية ، وقد التزمت ليبيا بالمبادئ والأهداف التي تدعو لها المنظمات الدولية والإقليمية الدعية إلي توطيد السلم والأمن الدوليين ، مع رفضها تسلط أي من الدول الكبرى علي هذه المنظمات . لذا دعت إلي إعادة النظر في ميثاق الأمم المتحدة بما يتناسب و التغيرات التي طرأت علي الساحة الدولية (**عطا زهرة، فوزي تيم، 1988، ص 416**). فيما بعد الحرب الباردة شهدت، بطبيعة الحال تطوراً آخراً، وإن جاء بشكل أساسي حول تطور دول الفواعل وتعدد أبعاد الأمن، وشمل البعد البيئي، وذلك وفقاً للتقارير الصادرة عن هيئة الأمم المتحدة ومنها: تقرير الأمم المتحدة الصادر عن البرنامج الإنمائي لعام 1994، وكذلك التقارير الصادرة عن اليونسكو من بداية عام 1997 إلي 2001م، ولجنة الأمن الإنساني التابعة للأمم المتحدة لعام 2003م، هذه الورقة البحثية تركز على تحليل تطور دراسات البيئة و الأمن و الأبعاد البيئية، و مفهوم الأمن البيئي، في العلاقات الدولية من حيث: بحث أسباب هذا التطور من ناحية، واختبار مدي انعكاس هذا التطور تنظيريا على الناحية العملية من خلال انتهاج الدول لسياسات فاعلة لمواجهة الآثار السلبية للمشكلات البيئية والأمن وتداعياتها من خلال قياس تأثير مختلف الفواعل في هذا الصدد "وتحديداً: الدولة، والمنظمات الدولية و البروتوكولات الدولية المختلفة وغيرها.. إلخ. والتعرف على التفسير الدولي لمفهوم الأمن البيئي وذلك مقارنة الرؤية الليبية واليابانية لهذا المفهوم. وتقييم المجهودات التى تقوم بها تجاه أزمات اختلال النظام البيئي، والتعرف على نواحي النقص في هذا الإطار. عليه **تقسيم الدراسة إلى ثلاثة مباحث يتناول أولهما تحديد المفاهيم المختلفة حول البيئة والأمن في العلاقات الدولية، وثانيهما:**

يتناول دور "مقررات" المنظمات الدولية والبروتوكولات في حماية الأمن والبيئة، والأمن البيئي، ثالثهما: يتناول عرض التشريعات والقو انين الليبية واليابانية لحماية الأمن والبيئة دراسة مقارنة.

أولاً: **المشكلة الدراسة: Problem Statement**: تتمحور المشكلة البحثية حول بحث تأثير تطور حقل العلاقات الدولية على الأمن القومي والبيئة، وذلك في خضم التطور الهائل، السريع، والمطرد الذي تمر به بيئة الأمن القومي والبيئة، وفرض مجموعة من التحديات والتهديدات التي أصبحت تواجه الفاعلين الدوليين، وبالتالي تركز الورقة البحثية بشكل أسس على تحليل تأثير أهم التغيرات التي فرضها الواقع الدولي المعاصر- ما بعد الحرب الباردة- وتحديداً التطور التكنولوجي وانتشاره وتأثيره على الأمن والبيئة، وذلك من خلال دراسة وتحليل التهديدات التي فرضها الواقع الجديد والفرص التي يحملها هذا الواقع لدعم مسألة الأمن القومي والبيئة والأمن البيئي. ومن ثم يصبح السؤال الرئيسي: ما تأثير تطور العلاقات الدولية على الأمن والبيئة و الأمن البيئي ؟ ثم التطبيق على حالتي ليبيا واليابان.

ثانياً: تساؤلات الدراسة :

1. ما البيئة والأمن القومية؟
2. كيف تطور مفهوم الأمن التقليدي ليشمل البعد البيئي؟
3. ما هو الأمن البيئي، وعلاقته بالمفاهيم الأخرى ذات العلاقة؟
4. ما مدي استجابة المواثيق الدولية والإقليمية مع حجم الأزمات البيئة؟
5. ماهي الفرص التي تحملها البروتوكولات الدولية المختلفة لحماية البيئة؟
6. ما مدي استجابة التشريعات الليبية واليابانية للبيئة؟

ثالثاً: أهمية الدراسة: تتمثل بالأهمية العلمية في ندرة المادة العلمية التي تناولت تأثير تطور العلاقات الدولية في البيئة والأمن القومي؛ حيث ركزت معظم الدراسات المتعلقة بالبيئة والأمن القومي والأمن البيئي على مواضيع مختلف، ولم تشير إلى ما سوف تتناوله هذه الدراسة المتعلقة بالمفاهيم الخاصة بالبيئة والأمن والعلاقات الدولية والبرتوكول لات والاتفاقيات والأمن البيئي والتشريعات الليبية والبيئة في اليابان. حيث يمر القانون الدولي في الوقت الحالي، كما يرى الكثيرون، بمرحلة فاصلة في مسيرة تطوره بدأت هذه المرحلة مع نهاية الحرب الباردة، وقد زاد الحديث في هذا الصدد عن انتهاك حقوق الانسان في العيش في بيئة نظيفة، مما يستوجب البحث والدراسة والتحليل، خاصة مع قول البعض أننا بصدد تشكل عرف دوليَ جديد في مجال العلاقات الدولية يقتضي رصده وتحليله.

رابعاً: منهاجية الدراسة Meth0dology :

1. المنهج التحليلي"The Analytical Method: تعتمد الدراسة على المنهج التحليلي لقراءة الاحداث وتحليلها واستنباط مجرياتها ووضعها للوصول إلى أسبابها ومسبباتها ونتائجها واستشراف مستقبلها في ليبيا وعلى المستوي الإقليمي والدولي، وعلى قراءة الاحداث أو المتغيرات السياسية والمتمثلة في مجال البيئة والأمن القومي والأمن البيئي وغيرها من المفاهيم، ومن ثم تحليل أثر ذلك على واقع حقوق الإنسان في البيئة الدولية والمحلية في ظل القطبية الأحادية المجحفة.

2- المنهج المقارن: والذي يقصد به في علم العلاقات الدولية دراسة توزيع الظواهر السياسية في نظم ومجتمعات مختلفة، أو في أنماط محددة منها، حيث يسعي البحث بهذا المنهج من أجل المقارنة بين نتائج التشريعات والمقررات والمؤتمر التي عقدة حول البيئة وكذلك التشريعات المحلية وغيرها في البيئة الدولية.

خامساً: الإطار المكاني و الزماني الدراسة"Boundaries":.يمكن تحديد نطاق الدراسة مكانياً وزمانياً على النحو الآتي:

1-<u>التحديد المكاني للدراسة</u>: تشمل الدراسة ليبيا بواقعها الجغرافي والسياسي، والبيئة الدولية **International Environment** والمنظمات الدولية و المقررات والبروتوكولات الدولية و دور الأمم المتحدة في حماية البيئة.

2-<u>التحديد الزمني للدراسة</u>: يبدأ الإطار الزمني لهذه الدراسة فترة ما قبل الحرب الباردة وإلى ما بعد تلك الفترة، كذلك الاسقاط التاريخي للتأصل لظاهرة البيئة والأمن البيئي والأمن القومي.

سادساً: اتساقاً مع ما تقدم نقسم هذه الورقة البحثية إلى ثلاثة مباحث، حيث نتناول في **أولهما**: تحديد المفاهيم المختلفة حول البيئة والأمن في العلاقات الدولية، **وثانيهما**: يتناول حماية الأمن والبيئة في مقررات" وبروتوكولات المنظمات الدولية والإقليمية، **ثالثهما** يتناول حماية الأمن والبيئة في التشريعات والقوانين الليبية، ثم خاتمة، والتوصيات التي أنتهي إليها البحث على النحو الآتي:

المبحث الأول: نتناول في هذا المبحث المفاهيم المختلفة للبحث: حيث يدور حول مفهوم البيئة والأمن في العلاقات الدولية، أي الإطار المفاهيم للبحث. اشك أن تحديد المفاهيم والمصطلحات العلمية "Technical Terms" أمراً ضرورياً في البحث العلمي فمن خلالها يحاول الباحث توصيل المعاني والأفكار إلى قراءه والمفاهيم دائماً ما تعبر عن الصفات المجردة التي تشترك فيها الأشياء والحوادث والوقائع دون أن تعني واقعة أو حادثة بذاتها (**للمزيد: عبد الباسط ،1982، ص5**)."ويتناول المطلب المفاهيم والمصطلحات الأساسية التي قد تسهم أو توضح العلاقة بين المفاهيم المشابه في فحو البحث النحو الآتي :

أولاً- تعريف مفهوم البيئة: على غرار العديد من الأفكار يعتبر التوصل إلى مفهوم شامل ومحدد للبيئة والقوانين التي تحكمها والتطرق إلى مشكلاتها وعناصرها أمر بالغ الصعوبة، لأنه من المفاهيم الخلافية لا يقبل تعريفاً واحداً من جانب كل من يستخدمونه ولتعدد المفاهيم المستخدمة لهذا المصطلح؛ لابد من الإلمام بتعريفاتها المختلفة سواء كانت ذات الدلالات اللغوية، أو الاصطلاحية، وأخرى ذات المعنى القانوني.

1- التعريف اللغوي لمفهوم البيئة: لقد أشار مختار الصحاح إلى أن البيئة: أصلها مشتق من كلمة بوأ وتبوأ منزلاً، وبوأ له منزلا أي هيأه له ومكن له فيه (**الرازي،1995، ص120**). كما عرفها الزاوي بانها: تعني بوأه منزلاً، أي أنزلهُ فيه وتبوأ المكان الذي أحله، وأقام فيه، والمباءة المنزلة. والبيئة بالكسر تعني الحلة (**الزاوي، 1980، ص48**). كما ورداء في القرآن الكريم في أكثر من صورة معاني متعددة للبيئة ومنها قولة تعالي: ". وَأَنزَلْنَا مِنَ السَمَآءِ مَآءً طَهُوراً (**سورة الفرقان، الآية 48**). وقوله تعالي "(هُوَ اَنشَاَكُم مِنَ الأَرضِ وآستَعمَرَكُم فِيهَا فَاستَغفُروهُ ثمَ تُوبُوآ إِلَيهِ إِنَ رَبِي قَرِيبُ مُجِيبٌ") (سورة **هود**، الآية **الآية** 61). ففي الآية الكريمة الأولى يقصد الماء الطهور غير الملوث هو الذي تخلق منه الأشياء وتبقي إلى أجل مسمي وهو الذي يحيي بإذن الله الأرض وينبت الزرع. وفي الآية الثانية دعوة صريحة لتعمير الأرض، لا لتخريبها والعدوان على مكوناتها الطبيعية، الذي يخل ببيئتها الطبيعية، ولكن بالمقابل إذا حدث وأفسد الإنسان البيئة، أخل بتوازنها الفطري، وترتب الضرر في حق الاشخاص والممتلكات، فإن أحكام الضمان في الشريعة الإسلامية تفرض على المفسد، أو المسئول، تحمل تبعة المسئولية وتعويض المتضرر **(للمزيد: أحمد سلامه، 1992، ص. ص 14-15)**..

2-أما التعريفات المختلفة مفهوم البيئة اصطلاحا نجدها متعدد ه و متنوعة في المعاني والتفسيرات التي تناولتها ،، و إذا عدنا للوراء فتاريخياً العالم الألماني Ernest HeaKl عام 1896م(مصطلح ايكولوجي) ابتكر (Ecology) وتعني في العربية علم البيئة الطبيعية ،وهي كلمة في الاصل يونانية مكونة من شقين (Oikos) وتعني مكان المعيشة (منزل الأسرة) و الأخرى (Logos) وتعني دراسة – أي دراسة العلاقات المتبادلة بين الكائن الحي والبيئة(**المرجع السابق، ص21**)..وكان(Ernest

HeaKl) هو من اقترح هذا المصطلح الذي يعني "العلم الذي يدرس العلاقة بين الكائنات الحية والوسط الذي يحيط بها "بما فيه من تعدد وتنوع بيولوجي مهم؛ لقيامه بتوفير مقومات الحياة على الأرض(**المراكبي،2011،ص20**). كذلك يستخدم مصطلح"Environment" بمعنى "مجموعة الظروف أو المؤثرات الخارجية التي لها تأثير في حياة الكائنات الحية بما في ذلك الإنسان، بالإضافة إلى مفهوم (Ecology) والذي له نفس الدلالة (**نقلاً عن، المرجع السابق، ص21**)، وأهم تلك التعريفات أنها:" مجموع العوامل البيولوجية والكيمياوية، والطبيعية، والجغرافية، والمناخية المحيطة بالإنسان والمحيطة بالمساحة التي يقطنها والتي تحدد نشاط الانسان، واتجاهاته. وتؤثر في سلوكه ونظام حياته (**ممدوح، القصاص،1997، ص19**). ومعنى ذلك أنها جميع العوامل الحيوية وغير الحيوية التي توثر في الكائن الحي بطريقة مباشرة أو غير مباشرة في أية فترة من تاريخ حياته. وقد تفرع عن هذا التعرف استخدامات أخرى متعددة في مقدمتها ما سمي بالبيئة الاجتماعية تعبيراً عن الوسط الاجتماعي الذي ينشأ فيه الفرد ويحدد شخصيته وسلوكه واتجاهاته وكذلك القيم التي يؤمن بها ، والبيئة الثقافية :المشتملة للمعرفة ،والعقائد ،والفنون ، والاخلاق ،والقانون ،والعادات ،والعرف التي يكتسبها الإنسان من حيث هو عضو في المجتمع ،والبيئة المناخية ويقصد بها أحوال الطقس والمناخ التي تؤثر على الإنسان والكائنات الحية الأخرى، وأخر ذلك البيئة الطبيعية التي تختص بدراسة الحياة البرية والبحرية وكذلك الكائنات الأخرى من الحيوانات والطيور و غيرها من الكائنات(**المراكبي، ص23**). ونخلص القول بأن مصطلح البيئة يمكن أن يتصل بلفظ أخر ليكون له مفهوم مختلف تماماً عم سبق. وبهذا يتضح أن علم البيئة في توسع مستمر، وأضحى علماً مستقلاً بذاته وله دلالاته وتقنياته الخاصة التي تبحث في محتوياته ومشتملاته من هواء وماء وتربه ...، وعلاقتها بالإنسان الذي هو محور تلك العناصر مباشرة، الذي يؤثر ويتأثر في ذات الوقت بكل المكونات التي تشتملها العلوم البيئية.

ثانياً. مفهوم الأمن في العلاقات الدولية: لقد أصبح مفهوم الأمن القومي (الوطني) أكثر تعقيداً، بعد تحولت التهديدات من تهديدات عسكرية إلى تهديدات ضد سلامة التراب الوطني إلى تهديدات بيئية واقتصادية، والأمن القومي هنا بمفهومة المعاصر يتسع ليشمل الجوانب والأبعاد السياسية والاقتصادية والاجتماعية..، وبالتالي أضحي مفهوم الأمن محور اهتمام الدول، وينم عن ذلك مضمون المواثيق الدولية المختلفة في مقدمتها عصبة الأمم، والأمم المتحدة سنة 1945م ، وهذا ما أكده ميثاق جامعة الدول العربية على المستوى العربي الإقليمي وغيرها ...إلخ، وتتكون نظرية الأمن القومي لأي دولة في البيئة الدولية من مصالحها القومية وأهدافها القومية الي تخدمها، بالإضافة إلى الفرص والمخاطر التي قد تحدق بتلك الأهداف والمصالحة ضمن البيئة الإستراتيجية الدولية، و من هنا تشترك الدول بأربع مصالح قومية : الأمن المادي. القيم. الرفاهية الاقتصادية . البيئة الدولية المفضلة"، ولكل مصلحة خارطة من الفرص والمخاطر الخاصة(**الزبيدي، 2018، ص41**).

و الأمن القومي (National Security) اتخذ في الآونة الأخيرة أبعاد ومسارات مختلفة؛ نتيجة للتطورات والتغيرات المتسارعة، وبالتالي لا يمكن الحديث عن الأمن القومي بالمسارات التقليدية بصورة مفاهيمية وتطبيقية خاصة، بعيداً عن مصطلح عام هو الأمن Security . حيث يتألف مصطلح الأمن القومي من عنصرين: عنصر الأمن، وهو – في اللغة- نقيض الخوف، أما الشق الثاني لهُ، يعني الدولة بعناصرها الثلاثة الأرض، والسلطة، والشعب ...إلخ، ولعل مفهوم الأمن هو المفهوم الأكثر إشكالية بين المفاهيم السياسية؛ لأنه مفهوم وصفي وغامض في جوهره، ولأن مفهوم ما هو خاص وتحديد مضمونه وإدراك طبيعته وخصائصه، بعيداً عن عوامل التهديد ومصادر الخطر. وبحكم الدلالة العامة والشاملة لهذا المعنى، في كل ظروف وزمان ومكان، فقد أصبح الأمن المطلب الأول لكل الكائنات الحية، والهدف المحرك لنشاطاتها، والمتغير الحاكم لتفاعلاتها، المتحكم في علاقاتها (**أشرف محمد علام، 2008، ص67**). وفي بداية الثمانينات من القرن الماضي تغير مفهوم الأمن، وكان من الأطروحات الأولي في هذا الخصوص كتاب **"روبرت ماكنمارا – Robert McNamara " حمل**

عنوان "جوهر الأمن" عام 1983م، حيث ركز فيه على تجاوز الأبعاد العسكرية التقليدية للأمن، وأهمية التنمية كمتطلب مهم لتحقيق الأمن (**المشاط، 1993، ص18**). وفي ذات العام، جاءت مقالة **"ربتشارد أولمان"** الذي إعادة تعريف الأمن حيث عرفة بأنه " مواجهة التهديدات التي تؤدي إلى تدهور مستوي معيشة المواطن، وأكد على الارتباط الوثيق بين الأمن والمجتمع .كذلك في العام 1994م،طرح البرنامج الإنمائي للأمم المتحدة مفاهيم متعددة للأمن في مقدمتها الأمن الإنساني والمفاهيم المرتبطة به ، ومنها الأمن البيئي والأمن الاقتصادي والأمن الغذائي والأمن الصحي والأمن الشخصي والأمن المجتمعي ، والأمن السياسي، وأطلق البعض على هذه الأبعاد " الأمن الناعم" باعتباره يركز على التهديدات التي لا يمكن مواجهتها بالأدوات العسكرية التقليدية في مقابل " الأمن الصلب" المعني باستخدام القوة العسكرية(**المرجع السابق، ص18**).

ثالثاً: مفهوم الأمن البيئي: بدأ مفهوم الأمن البيئي يتداول بكثرة في السبعينيات، من القرن الماضي في المنظمات الدولية، وعلى رأسها الأمم المتحدة، حيث بدأت المخاطر تتضح بقوة نتيجة لتلوث البيئة أرضا، ومياها، وهواء، نتيجة مخلفات وعوادم الحضارة. ومن هنا فأن تعريف الأمن البيئي هو:" ذلك المفهوم الذي يرتبط بحماية الأفراد من المخاطر البيئية التي قد تنجم عن سلوك بشري أو ظروف طبيعية ...إلخ. وهذا ما جاء في ادبيات مفكري العلاقات الدولية الذين قدموا تعريف لمفهوم الأمن خاصة حقبة ما بعد الحرب الباردة، حيث تما التركيز على أبعاد جديدة لهذا الأمن بعد أن كان قاصراً على التعريف التقليدي للأمن من خلال حماية جدود الدولة ومقوماتها من حكومة ونظام، وعليه ركزت جهود المنظمات الدولية والدول بعد ذلك على وضع تعريف محدد لمفهوم الأمن البيئي، حيث وضعت عدة تعريفات، أهمها هو الذي عرف الأمن البيئي بأنه: الأمور المتعلقة بالأمن العام للبشر أو الناس وذلك لحمايتهم من الأخطار الناتجة عمليات طبيعية أو عملية يقوم بها الناس نتيجة إهمال أو حوادث أو سواء إدارة(**Lynne Rienner, 1998,P.75. :نقلاً عن: Barry Buzan**). ويري البعض أن هذا التعريف يهمل حماية البيئة فيما يتعلق بالأجيال القادمة ومستقبل البشرية، حيث وضح أن كل متغير يؤثر على سلامة العامة بالتالي يكون عنصراً بيئياً، ومن ثم فهو متعلق بالأمن البيئي من ناحية الأفراد وليس بأمن البيئة من زاوية منظومة البيئة وعناصرها، وقد أدي قصور هذا التعريف إلى ظهور تعريفات أخرى عرفت الأمن البيئي على أنه: إعادة تأهيل البيئة التي تدمرت في الحرب ومعالجة المخاطر الحيوية التي يمكن أن تقود إلى تدهور اجتماعي". وهو تعريف يغطي ركن مهم من مفهوم الأمن البيئي ويعتبر أكثر تطوراً من المفهوم السابق (**لمرجع السابق، ص75**). كذلك هنالك تعريفات معاصره ركزت على تعريف ظهور المفهوم، في المقابل ركزت أخرى على الدول التي دشنت هذا المفهوم، وثانية ركزت على أثاره الدولية، وعلى النقيض من ذلك، فبالرغم من قدم البحث في مفهوم الأمن البيئي – بشل غير مباشر- إلا أن ثمة اختلاف في تعريف هذا المفهوم من حقل إلى أخر. وعليه زخرت أدبيات العلوم الاجتماعية في مجال دراسة الأمن بتعريفات مفهوم الأمن البيئي، وقسمت تلك الأدبيات إلى مجموعتين، أولها: مجموعة الأدبيات التي تركز على أحد أبعاد الأمن البيئي -البعد الأمني -البعد البيئي-دور الفرد -دور الدولة –الفاعلين غير الدول...إلخ (**عمرو غربية، 2007، ص240**). وثانيها: تلك التي اتسمت بالشمولية في تعريف مفهوم الأمن البيئي، إلا أنهم اتفقوا في التهديدات التي تواجه الأمن البيئي والتي من أهمها: الزيادة المطردة في أعداد السكان مع تراجع في الموارد الطبيعية، وتغير المناخ، وأزمة المياه وتلوثها، والأمن الغذائي، أزمة اللاجئين الذين ينزحون نتيجة لكوارث بيئية، إزالة الغابات، التلوث في الهواء والمحيطات الناتج عن أنشطة صناعية، حماية التربة الزراعية، وتآكل طبقة الأوزون (**المرجع السابق، ص240**).

4- مفهوم العلاقات الدولية : International Relations. " تكتسب العلاقات الدولية اليوم أهمية بالغة ويرجع ذلك إلى التطورات الحديثة في حقول الاتصالات والاختراعات والتطور التكنولوجي التي اختزلت المسافات، اختصرا للأبعاد، والخطير في أنها أمدت الإنسان بأسلحة خبيثة باتت تهدد ووجوده، في كل لحظة بالفناء السريع، الكمن في الحرب والتي يمكن وصفها أنها أداه تؤدي إلى الدمار و الخراب في البيئة بكل مكوناتها .حيث تنتصر فيها الإرادة السياسية أو العسكرية

فأن القتال والخراب يهلك الحرث والنسل و خاصة حروب التكنولوجية الحديثة وما أنتجته من أسلحة دمار شامل متفاوتة في أضرارها وشدة التدمير الذي سببته للبشرية، مع أن العلاقات الدولية لا تقتصر على العلاقات السياسية بين الأمم والدول فقط، فإن الدولة مازالت المركز الرئيسي للقوة والسلطة والتقرير في الحياة الدولية، مع عدم أنكار دور الفواعل الدولية المختلفة(**كاظم هاشم نعمة،1999،ص5-7**). ولأول مرة ظهرت كلمة دولية **من قبل "جارم بنثام"** في نهاية القرن الثامن عشر. ولابد من توضيح أنه بالرغم من وجود هذا الكلمة في اللغة اللاتينية، كذلك استخدمها **" ريجارد زوك"** قبل قرن من ذلك. قد تما استخدمها من قبل فقها القانون الدولي لتعريف فرع القانون الذي عرف فيما بعد "قانون الأمم" أو "قانون الشعوب" وهو اصطلاح للقانون الروماني يوضح المبادئ التي كان يطبقها الرومان في المسائل والقضايا التي تتضمن علاقات مع الأجانب غير الرومان). (Wright Quincy, 1956, P.3.)

. كما استخدم المصطلح بعد ذلك من قبل دارسي الروابط الدولية تحت الإطار القانوني فقط. وكان مفكري القانون يسعون إلى تحديد مضمون القواعد الواجبة التطبيق بين اللاعبين في البيئة الدولية والعمل على ترجمتها في الواقع والتحقق من تطبيقها. أن مصطلح الدولية **International** استخدم بوصفه حاجة حقيقية لتعريف العلاقات الرسمية ين الأمراء والملوك. وربما تعتبر كلمة بين الدول **Interstates** أكثر دقة في تعبير الدولية لان مصطلح الدولة في حقل علم السياسة هو المصطلح الذي ينطبق على مثل هذه المجتمعات في البيئة الدولية. وبأن حقل العلاقات الدولية يتضمن دراسة الصراع والتعاون والسلام بينها، بما في ذلك التنظيمات الدولية الحكومية التي تعبر عن إرادة الدول الأعضاء فيها (**نورهان الشيخ، 2016م)، ص18**. وتتعدد المسميات التي تطلق على العلاقات الدولية فأحياناً تسمي الشؤون الدولية وأحياناً تسمي بالشؤون العالمية وقد تسمي الشؤون الخارجية أو السياسة الدولية، ونخلص من ذلك بأن العلاقات الدولية هي: مجمل مبادئ وأحكام وضوابط العلاقات والاتصالات والروابط بين الدول أعضاء المجتمع الدولي في مختلف الميادين السياسية والاقتصادية والاجتماعية والثقافية والقانونية وتنظم أصول التعاون وحدود الخلاف والصراع في شتى الميادين(**مارسيل ميرال، 1986م، ص98-99.**), ومن هنا فمجال العلاقات لم يعد قائماً على أي منطق قارّ أو نظام منسق موحد، ولذلك لا يمكن في الوقت الحاضر بناء تصور عقلاني يتيح فهم وإدراك التفاعلات الدولية. التي تنتهجها القوي والأطراف الفاعلة في النظام الدولي، وفي طليعتها الدول، سواء ما تعلق من ذلك بمواقف التعاون أو الصراع أو التعامل الروتيني المنتظم من خلال قنوات الاتصال والتنسيق والتشاور والتفاوض بالوسائل والأدوات الدبلوماسية المتعارف عليها دوليا "...إلخ.

أن الهدف الأساسي في هذا المطلب تدور حول العلاقة بين المفاهيم قيد البحث حيث لا غرو أن الأمن البيئي، وما يعنيه هذا المفهوم من بيئة أكثر أمناً وأقل تلوث يعتبر من أهم ركائز أسس بقاء المجتمع ونمائه، ولم لا وكانت حياة الإنسان وبقاؤه، مرتبطة بحياة الأجيال المقبلة ارتباطاً وثيقاً ومن ركائز الأمن القومي للأمم والشعوب، ومن صميم الأفكار المهمة في العلاقات والسياسة الدولية.

المبحث الثاني: مقررات "الأمم المتحدة حول حماية الأمن والبيئة: أن ما قدم في المبحث التمهيدي من تعريفات للبيئة وللأمن بشكل خاص والعلاقات الدولية والأمن البيئي بشكل عام والعلاقة بينهما في البيئة الدولية وفي ليبيا وضحا لنا الأضرار التي تترتب على ذلك ومن هنا سوف نقسم هذا المبحث إلى ثلاثة مطالب نتناول فيها دور مقررات الأمم المتحدة والصعوبات التي تواجهه لحماية الأمن والبيئية على النحو الآتي:

المطلب الأول: مقررات الأمم المتحدة حول الأمن والبيئة.

لقد أسست منظمة الأمم المتحدة أتساق مع المادة رقم (99) من ميثاقها عقب ظهور النتائج السلبية التي خلفتها الحرب العالمية الثانية وكأرضية مشتركة لتجاوز إكبار محنة من الحروب والنزاعات المسلحة تعزيز القدرة على حفظ السلم والأمن

الدوليين، مبينة أن الهدف الأساسي المعلن من إنشائها هو تجاوز الفوضى الدولية وإرساء الهياكل الأساسية للحد من النزاعات الدولية؟

فقد كان للأمم المتحدة فضل السبق في لفت الانتباه إلى الأخطار المحدقة بالبيئة الإنسانية، وقد قامت المنظمة بدور شديد الأهمية في نشر الوعي بها على المستوى العالمي حيث بدا نشاطها المكثف في هذا المجال عندما قررت الجمعية العامة في عام 1968م عقد مؤتمر الأمم المتحدة للبيئة الإنسانية لدراسة مشكلة التلوث الذي يهدد الكرة الأرضية والبحث عن حلول له (**إبراهيم محمد العناني،1998، ص258**). إلا إن القوي العظمي والولايات المتحدة الأمريكية تصدت لكل هذه المحاولات الرامية إلى جعل البيئة منطلق لحل المشاكل العالمية الأخرى، حيث تضمن ميثاق الأمم المتحدة ديباجة من (111) مادة مقسمة إلى تسعة عشرة فصلا حددت المادة الأولى عن الميثاق أهداف الأمم المتحدة ومن أهمها: حفظ السلم والأمن الدوليين، وتنمية العلاقات الودية بين الأمم.

تحقيق التعاون الدولي في الميادين الأخرى، أن تصبح مركزاً لتنسيق جهود الأمم في سبيل هذه الأهداف المشتركة (**ميثاق هيئة الأمم المتحدة، 1945م**).. ولقد تعددت المعوقات التي طرحها ميثاق الأمم المتحدة في المادة (99) في المجال البيئي وتتمثل هذه الاكراهات في اعتقادنا في الظروف التاريخية وهو إكراه موضوعي يتمثل بالسياق التاريخي للميثاق، كما يصعب تحديد مفهومي الأمن والسلم الدوليين وان تركت للأمين العام السلطة التقديرية في تطبيق مقتضيات المادة المذكورة اعلاه (**شكر اني الحسين، ص ص 175-176**).

1- **السياق التاريخي:** يتضح أنه لم يكن أية أهمية تذكر لقضية البيئة والتنمية وغيرها، عند وضع ميثاق الأمم المتحدة عام 1945م، إذا إن هذه المفاهيم نفسها حديثة وإن غياب الإشارة إلى البعد البيئي في الميثاق الامعي يجعل مهام الأمين العام صعبة في إثارة انتباه مجلس الأمن، رغم أن المجال البيئي أصبح جوهر الترابط والاعتماد المتبادل المكثف بين الأمم والشعوب على السواء وخير دليل على ذلك مسألة التلوث العابر للحدود والاحتباس الحراري، كذلك النزاع على الموارد الطبيعية بين الفاعلين الدوليين ...الخ. حيث يمكن تجاوز هذا الإشكال إذ أمكن إصلاح ميثاق الأمم المتحدة وإعادة تحديد الأدوار والمهام الجديدة المفروضة على أمنها العام، لكن يصعب القيام بهذه الخطوة في ظل سيطرة النظام الأحادي الأمريكي والافراط في استخدام القوة من قبل الولايات المتحدة الأمريكية (**شكر اني الحسين، ص ص 175-176**). **غموض مفهومي الأمن والسلم الدوليين :** يصعب إعطاء تعريف محدد وجامع لمفهومي الأمن والسلم الدوليين إذا إنهما يثيران صعوبات نظرية وصعوبات تطبيقية فعل صعيد الصعوبات النظرية تم التركيز خلال الفترات السابقة على المعطى السياسي لتحديد المقصود بالأمن والسلم الدوليين وغياب المعطيات الاقتصادية والاجتماعية والبيئية عن التحليل ،وكما لا يخفي على أحد أن الصعوبات التطبيقية ، المتمثلة في حق النقض الذي تتحكم فيه الدول الخمس الأعضاء الدائمين في مجلس الأمن يحول دون تطبيق المفهومين معا .لأنهم يشكلون نحو 30% من سكان العالم ، وينتجون أكثر من 40% من الناتج الاقتصادي العالمي ، كما يحوزون على 26ألف رأس نووي ، أي ما يمثل 99% من الرؤوس النووية الموجودة في العالم ، ولديهم جيوش قوامها 5,5مليون رجل وامرأة وعندما يتحد المجلس ، يصبح بوسع أعضائه شن الحروب وفرض الحصار والإطاحة بالحكومات وفرض العقوبات ،والقيام بذلك باسم المجتمع الدولي، كذلك لا وجود حدود لسلطة مجلس الأمن(**ديفيد بوسكو ،2014م.ص ص13. 17**). وانطلاق من الإطار النظري والتطبيقي يتعين توسيع مفهوم الأمن العالمي من تركزه على البعد التقليدي لأمن الدول ليشمل امن الشعوب وامن كوكب الأرض، فالأمن العالمي يتجاوز حماية الحدود والنخب الحاكمة ومصالح الدولة الحصرية ليشمل حماية البشر ...إلخ، كما إن التفكير الأمني الحديث يركز على محاولات توسيع التصور المعهود الضيق للأمن من البعد العسكري كما أسلفنا ليشمل مجموعة أوسع من التهديدات المتمثلة بها في ذلك التهديدات الاقتصادية والبيئة. من المؤكد إن هنالك تغييراً جذرياً لمفهومي الأمن والسلم الدوليين وهو ما يستلزم في نظرنا الأخذ

بعين الاعتبار مفاهيم الأمن والسلم البيئيين في إصلاح منظومة الأمم المتحدة لصيانة وحماية الأمن البشري بكل مقوماته **(شكر اني الحسين، ص ص 175-176).**

3- السلطة التقديرية للأمين العام :- لقد وضح الأمن العام لأمين الأسبق للأمم المتحدة "بيريز دي كويلار" إن أحكام المادة رقم(99) تحدد ثلاثة عناصر أساسية لا يستطيع الأمين العام أن يباشر مهامه السياسية دونها، تتمثل في: المسؤولية و الصلاحية والسلطة التقديرية؛ ففي ظل غياب معايير وضوابط موضوعية معترف بها بين الأمم يجعل الأمين العام في منزلة بين منزلتين فإذا أثار قضية ما أمام مجلس الأمن عليه أن يتحمل النتائج السلبية المتمثلة لهذه القضية أي فشل المنظمة الدولية في إيجاد الحلول للمشاكل المطروحة من جهة ومن جهة ثانية قد يسبب الأمين العام الإحراج لمجلس الأمن في حالة عدم الموافقة على عقد اجتماع لبحث القضية المشار إليها واتخاذ التدابير، ويجب أن يكون حذراً عندما لا تتوفر لديه الأدلة الواضحة والحقيقية على وجود الخطر من عدمه.(**على عودة العقابي، 1996، ص291**). وفي سياق التحضير لميثاق الأمم المتحدة تم رفض اقتراحين الأول تقدمت به حكومة" الاوروغواي" ومفاده توسيع مضمون المادة رقم (99) ليشمل كل قضية تخرق مبادئ ميثاق الأمم المتحدة، أما المقترح الثاني قدمته" فنزويلا" وطالبت فيه بحق الأمين العام في إثارة انتباه مجلس الأمن والجمعية العامة إلى كل مسألة تشكل تهدد للأمن والسلم الدوليين **(شكر اني الحسين، ص 178)**.

4: الصعوبات التي تواجهه الأمين العام: تحجيم أدوار الأمين العام، والأداء المقيد في مجال جمع المعلومات، وحق النقض، والاعتماد المتبادل للاقتصاد العالمي **(ديفيد بوسكو، مرجع سبق ذكره)**.

المطلب الثاني: الخلافات والقضايا الدولية حول الأمن والبيئة:

1. **فض المنازعات في البيئة الدولية:** تشير الفقرة الأولى من المادة (33) في ميثاق الأمم المتحدة إلى طريقة تسوية المنازعات الدولية بقولها: يجب على أطراف أي نزاع من شأن استمراره أن يعرض الحفاظ على السلم والأمن الدوليين للخطر أن يسعوا إلى حله بالمفاوضات والتحقيق والوساطة والتحكيم والتسوية القضائية. واستناداً إلى ذلك يتبين إن للأمين العام للأمم المتحدة وظائف مهمة ومتنوعة في مجال حل النزاعات الدولية بالوسائل السلمية فهو يقوم في إطار ميثاق الأمم المتحدة بالوسائل المتاحة له بتقديم المساعدة وإتاحة التسهيلات، ليس فقط إلى الهيئات الرئيسية للأمم المتحدة بل أيضاً إلى جميع مؤسسات الأمم المتحدة العاملة، وعليه من الصعب الحديث في وجود آليات ومبادئ عامة لتدبير المنازعات البيئية خاصة العابرة للحدود كالاحتباس الحراري والغبار النووي والإخطار الحمضية. إلخ، لأن الأولوية القصوى تعطي لحل المنازعات ذات الطابع السياسي طبقاً لتفسيرات المادة سالفت الذكر **(شكر اني الحسين، ص 186)**. خلاصة القول أن الدراسة التحليلية الموضوعية تكفي للكشف عن أن حقيقة هذه المنظمة العالمية لا تعدو أن تكون بالدرجة الأولي مجرد تنظيم قانوني، أو أن شئنا القول مجرد تقنيع شرعي لا عمال قانون الاقوى "المنتصر" في الحرب ،فلقد اخص ميثاق الأمم المتحدة الخمسة المنتصرين "في مجلس الأمن" بالتقرير في مسائل الامن الدولي ، بينما راح الميثاق "من قبيل التنقيع" يلجأ إلى قانون الاغلبية في الجمعية العامة حيث التقرير في مسائل الامن يأتي في الدرجة الثانية ما بلك بالمسألة البيئية ، الامر الذي يصح معه القول بأن هذا التنظيم القانوني ليس في حقيقته إلا مجرد واجهة تخفي وراءها صور من صور علاقات القوى البحتة في العلاقات الدولية وليس شيئا أخر(**محمد طه بدوي ،1972، ص82**).
2. **البيئة والأمن والسلم الدوليين:** لقد تما في اجتماع الجمعية العامة لعام 1981م أعلن الاعتماد الدولي لصيانة الطبيعة ومواردها أن " السلم هو شرط أساسي لصيانة الطبيعة "، حيث تساهم حماية الطبيعة في السلم بفضل الاستعمال الايكولوجي للموارد الطبيعية وأكد قرار الجمعية على أن المشاكل البيئية مرتبطة اشد الارتباط بتطور السلم ونزع السلاح وعدم التهديد بالحرب النووية. وقد أشارت الجمعية العامة بخصوص البيئة عام 2000م وما

بعدها إلى إن أعمال تكديس أسلحة الحرب والدمار وتطويرها ونشرها تشكل خطراً بالغ القوة على البيئة ، ويمكن أن تحدث أسلحة الدمار الشامل بما فيها الأسلحة النووية والكيميائية والبيولوجية تغيرات بعيدة المدى بل وغير قابلة في البيئة العالمية، وكما قررت الجمعية في القرار نفسه بأن تطوير الأسلحة النووية وتخزينها ونظم إطلاقها بالمستويات الحالية جعلت للإنسان قدرة على وضع نهاية لوجوده، كما إن زيادة كفاءة بعض الدول لتغيير البيئة تشكل خطراً كبيراً لذلك يوصى القرار المذكور بمتابعة نزع السلاح عبر الانفراج والمفاوضات وتجنيب استعمال القوة كوسيلة لفض المنازعات بغية الإقلال من الأخطار البيئية وعلى الحكومات أن تواصل جهودها عبر ندوات التفاوض لحظر الأسلحة التي تؤثر في البيئة(**شكر اني الحسين،ص187**).

مبدا عدم التدخل في الشئون الداخلية للدول: يحرم القانون الدولي التدخل في الشؤون الداخلية للدول، لأنه اعطي الحق للدول في اختيار نظامها السياسي، والاقتصادي، والاجتماعي، وكذلك السيطرة على ثرواتها الوطنية إلا أن الواقع في البيئة الدولية يبين أن الدول الكبرى تتدخل وباستمرار تحت مسميات مختلفة منها حق التدخل "الإنساني"، وحمية حقوق الإنسان، والأقليات، وحماية الشرعية، وكذلك التدخل العسكري "الوقائي" وتحت مظلة مكافحة الإرهاب. الخ **(أيمن السيد شبانة، 2006، ص ص 55. 61).** فهل يمكن بالمقابل أن يشهد العالم التدخلات في الشئون الداخلية تحت مظلة تدهور البيئة والموارد الطبيعية والتنافس حولها؟، ولكن في حقيقة الأمر إن هذا المفهوم ما زال قيد التشكل والتبلور، ولم تظهر تطبيقات مباشرة له، كما يري بعض المحللين، لكن في المقابل الحروب التي خاضتها دولة الكيان الصهيوني ضد الأقطار العربية وضحت إلى حد ما أهمية الأمن المائي لدي الدولة الصهيونية **(شكر اني الحسين، ص ص 190-191)**.

الخروقات في قواعد القانون الدولي والبيئي : يشهد العالم يومياً خروقات بيئية إذا تزايدت عمليات التصنيع المخرب لطبقة الأوزون ، وقطع الغابات وازدياد التلوث العابر للحدود والكوارث الطبيعية والتجارب النووية في الصحاري والمحيطات، كما ازداد الفقر والمجاعة ... الخ ، وهو ما دفع البعض إلى المطالبة والاهتمام بتطبيق القانون الدولي البيئي رغم عدم وضوح قواعده ، حيث أدت هذه المعوقات إلى ظهور فاعلين دوليين يعملون في المجال البيئي كالمنظمات غير الحكومية والحركات المعادية للعولمة ، ويطالبون بوضع قانون دولي للبيئة لحماية امن الشعوب والكوكب ، ودفع العالم نحو احترام مبادئ التعايش السلمي كاحترام سلامة الأراضي الوطنية وعدم التدخل في الشئون الداخلية للدول ...إلخ **(عطية حسن أفندي، 1992،ص81)**. وخلاصة القول إن ما تقدم ليس إلا جزءاً من كل يتمثل في سياسة الولايات المتحدة الأمريكية التي تسعي وتفضل دائما العمل الانفرادي للتعامل مع القانون الدولي العام من أجل أن يصبح متوائما مع المصالح الأمريكية فقط.

المطلب الثالث: الاتفاقيات والبروتوكولات الدولية لحماية الأمن والبيئة.

أولاً: -مؤتمر "ستوكهولم" والنظام الدولي لحماية البيئة 1972م.

توزعت أعمال مؤتمر "**ستوكهولم**" ثلاثة لجان اختصت اللجنة الأولى بالاحتياجات الاجتماعية والثقافة التي يتعين توفيرها والاستجابة بها من أجل حماية البيئة واختصت اللجنة الثانية بالبحث عن الكيفية التي يمكن بها الحفاظ على مصادر الثروة الطبيعية في العالم ووقايتها من مخاطر التلوث أيا كانت المصادر التي ينتج عنها ، هذا بينما اختصت اللجنة الثالثة بالبحث في طبيعة الإجراءات والتدابير الدولية التي يمكن الاتفاق على تنفيذها والالتزام بها لإيقاف التخريب الذي تعرض له البيئة الإنسانية في كل مكان من الكرة الأرضية .وقد إصدار المؤتمر أعماله ما اسمي بإعلان "ستوكهولم" الذي تضمن ستة وعشرين مبدأ لحماية البيئة الدولية ، وتم توزيع هذا الإعلان على جميع دول العالم للتقيد بما نصت هذه المبادئ ، ويعتبر المبدأ الحادي والعشرون من هذه إعلان "ستوكهولم" أو ما أصبح يعرف بالميثاق العالمي لحماية الطبيعة أكثر هذه المبادئ جميعاً صراحة ووضوحاً في إلزام الدول بالحفاظ على البيئة جانباً إلى جنب مع غيرها من الدول والمؤسسات الوطنية عندما طلب منها.**(ممدوح حامد عطية ، محمد عبدالفتاح القصاص، ص51)**.التعاون للحفاظ على الطبيعة من خلال

العمل المشترك، بما في ذلك تبادل المشورة والمعلومات فيما بينها وبين غيرها من الأطراف الدوليين والوطنيين المعنيين بهذه المسألة، وضرورة الالتزام بالمعايير والاشتراطات التي يتم التوصل إليها من أجل إزالة ما قد يترتب من عمليات الإنتاج والتصنيع من آثار سلبية مخربة للطبيعة، كذلك ضرورة الالتزام بتطبيق أحكام القانون الدولي السارية في مجال الحفاظ على الطبيعة والبيئة الحياتية، وايضاً ضرورة الحفاظ على البيئة وحمايتها حتى في المناطق التي تخرج بحكم موقعها عن حدود السيادة الوطنية لدول(**حازم حسن جمعة 1994، ص124**). وبناء على قرارات مؤتمر "ستوكهولم" أنشأت الجمعية العامة للأمم المتحدة وكالة دولية متخصصة جديدة للبيئة هي برنامج الأمم المتحدة للبيئة أو مجلس الأمم المتحدة المنظم لبرامج البيئة ويتكون المجلس من ممثلي 54 دولة تنتخبهم الجمعية العامة لمدة ثلاثة سنوات ويقع المقر الرئيسي للمجلس في نيروبي عاصمة كينيا ويدخل ضمن مهام مجلس الأمم المتحدة للبيئة كما جاء في قرار إنشائه من أهمها: -

1- النهوض بالتعاون الدولي في مجال البيئة وتقديم التوصيات المناسبة في هذا الخصوص.
2- وضع الأنظمة الإرشادية العامة لتوجيه البرامج البيئية وتنسيقها في إطار منظمة الأمم المتحدة من الفروع والأجهزة والوكالات المتخصصة.
3- متابعة تنفيذ البرامج البيئية وبما يكفل جعل أوضاع البيئة الدولية تحت البحث والمراجعة المستمرة.
4- تعزيز مساهمات الهيئات العالمية والمهنية ذات العلاقة بمشكلات البيئة وذلك من أجل اكتساب المعارف البيئية وتقويمها وتبادلها.
5- وضعت الأنظمة التدابير البيئية الوطنية والدولية في الدول النامية تحت المراجعة الدولية المستمرة.
6- تمويل برامج البيئة وتقديم المساعدة والتشجيع لأية جهة داخل المنظمة وخارجها لتحفيزها على المشاركة في تنفيذ مهام البرنامج مع أجراء المراجعات السنوية لما يتم انجازه (ممدوح حامد عطية ، محمد عبدالفتاح القصاص، صص52-53).

خلاصة القول كما سبق لنا أن رأينا كيف أن التلوث قد امتد إلى كل مكونات البيئة الطبيعية من هواء وماء وغذاء ، لكن القضايا البيئية العالمية المعاصرة لم تعد وقف على التلوث وحده ، حيث أخذ العالم يشهد في السنوات الأخيرة حوادث بيئية متكررة كما رافقها بروز مجموعة من الظواهر البيئية العالمية الجديدة التي أصبحت تهدد مصير الحياة البشرية على الكرة الأرضية ، إن كثرة هذه الظواهر البيئية خطورة مشكلة التحولات المناخية غير الطبيعية الاحتباس الحراري العالمي والارتفاع المطرد في درجة حرارة الأرض وثقب الأوزون ..إلخ(**مصطفي عبدالله خشيم، ،2003، ص ص147.149**).

ثانياً: مؤتمر ريودي جانيرو مؤتمر قمة الأرض 1992م. لقد عقد المؤتمر الدولي حول البيئة في يونيو 1992 م ، وشاركت في أعماله 187 دولة وحضره مائة وأربعون رئيس دولة وحكومة ،تحت رعية الأمم المتحدة في إدارة قضايا البيئة العالمية واشترك في تنظيمه مع المنظمة العالمية أكثر من عشرين منظمة دولية حكومية معنية بشئون البيئة .و كان الهدف الأول لمؤتمر ريودي جانيرو "البرازيل" وضع الأساس لمشاركة عالمية بين البلدان النامية والدول المنظمة صناعياً من منطلق الاحتياجات والمصالح المشتركة لضمان مستقبل هذا الكون ، حيث أصبحت الضرورة ملحة لتحقيق توازن عادل ومستمر بين البيئة والتنمية ،تحقيقاً لهذه الغاية غير المسبوقة في تاريخ المؤتمرات الدولية فقد أقيم في ديسمبر 1991م في مقر الأمم المتحدة بنيويورك احتفال كبير أعلن فيه الأمين العام للمنظمة العالمية بدء التوقيع على وثيقة هذا العهد ليحمل إلى المؤتمر رسالة من شعوب العالم تؤكد فيه إيمانها العميق بأن على قمة الأرض أن تبدأ عهدا جديدا في حياة هذا الكوكب ، وتعهدها جميعا بأن تعمل على تحويل الحلم إلى حقيقة(**عطية حسن أفندي، ص ص86-87**). وقد اعتمدت فكرة جمع ملايين التوقعات على هذه الوثيقة، كما أوضحها الأمين العام للأمم المتحدة على ضرورة الالتزام الشعبي على مستوى العالمي بالمبادئ والأهداف التي دعي من اجلها زعماء العالم ليجتمعوا على مستوى القمة في إطار مؤتمر الأمم المتحدة للبيئة

والتنمية، وقد أسفر عن انعقاد المؤتمر إقرار ميثاق الأرض استنادا إلى إعلان حقوق الإنسان وكان من المقرر أن ينظم هذا الميثاق ويحدد واجبات المواطنين في كل مكان تجاه الطبيعة، كما صدر عنه كذلك: -

المعاهدة المتعلقة بالمناخ وظاهرة الاحتباس الحراري العالمي ومعاهدة التنوع البيولوجي والخاصة بمجموعات الحيوانات والنباتات التى ينبغي حمايتها ضد خطر التدمير أو الانقراض، الخ.

الأجندة 21 الخاصة بالقرن الحادي والعشرين ، وقد اقترحت هذه الأجندة قائمة بالأهداف التى ينبغي التوصل إليها حتى نهاية القرن العشرين وصدقت عليها 174دولة والأجندة 21 هي الوثيقة الأساسية ، وقد اعتبرت بمثابة خطة عمل للمستقبل من أجل القيام بتنمية مستدامة (Sustainable Development) ، وتضم هذه الأجندة أربعين فصلا يعالج كل منها موضوعا معينا من الغلاف الجوي ، والمحيطات ، ومحاربة التصحر والجفاف ، والحفاظ على الغابات ، والحفاظ على مصادر المياه العذبة والحفاظ على(Biological Diversification) التنوع البيولوجي وتشجيع التنمية الريفية المستدامة ، والإدارة الجيدة للتخلص من النفايات الخطرة ، كما تقدمت الأجندة باقتراحات بناءه في مجال التعاون التكنولوجي ، والإصلاحات المؤسسية ،والتمويل ، ويمكن القول هنا بأن أجندة القرن الحادي والعشرين هدفت إلى تقديم مناهج عمل جديدة للعالم النامي بصورة خاصة والتي يستطيع عن طريقها أن يوازن بين احتياجات التنمية المتزايد على كافة الأصعدة الاقتصادية والاجتماعية والبشرية ، وبين الحاجة للحفاظ على الموارد الطبيعية والبيئية والإبقاء عليها بعيدا عن كل ما يمكن أن يضر بها **(علاء الحديدي، 1992، ص95)**. كما جاء إعلان "ريو" بشأن البيئة والتنمية كبديل عن ميثاق الأرض ، وكان هدفه إرساء أسس لعلاقة أكثر عدلا بين العالم الصناعي والعالم النامي، حيث دعي الإعلان دول العالم إلى تعميق التعاون فيما بينها لمواجهة تدهور البيئة ، و أكد على المسئولية الخاصة للدول الصناعية في هذا المضمار وعلى حق الدول النامية في التنمية ، حيث نص المبدأ الاول من مبادئ إعلان ريو على حق الجنس البشري في أن يحيا حياة صحية ومنتجة وبما ينسجم مع الطبيعة ، ونص المبدأ الثاني على الحق السيادي لكافة دول العالم في استغلال مواردها وفقاً لسياساتها البيئية والتنموية ، كما نص المبدأ الرابع على أن حماية البيئة جزء لا يتجزأ من عملية التنمية ، في حين طالبا المبدأ الحادي عشر الدول بسن التشريعات الضرورية لحماية البيئة ، أما المبدأ الثاني عشر فنص على أنه ينبغي أن تتعاون الدول على النهوض بنظام اقتصادي دولي يساعد على تحقيق النمو الاقتصادي والتنمية المستدامة في جميع البلدان وتحسين معالجة المشكلات الناجمة عن التدهور البيئي، كما يؤكد على ضرورة أن تكون التدابير البيئية التى تحاول أن تعالج مشاكل بيئية عبر الحدود أو على نطاق دولي واسع مستندة على قدر الإمكان ، إلى توافق دولي في الآراء حولها ، كما نص المبدأ الرابع عشر على أهمية التعاون الدولي في مجال منع تغيير موقع أي نشاط تنتج منه مواد مرة للبيئة أو الإنسان ونقلها إلى دول أخرى ، ويذكر المبدأ العشرون دور المرأة الحيوي في إدارة وتنمية البيئة ، وأخيراً نص المبدأ السادس والعشرون على قيام الدول بحل جميع منازعاتها البيئية سلمياً**(إسماعيل صبري مقلد، 339-340)**.

ثالثاً:- التوقيع على بروتوكول كيوتو لتغير المناخ 1997م : كما أسلفنا بأن اتفاقية الأمم المتحدة الطارئة لتغير المناخ حددت هدفها الرئيسي في محاولتها تثبيت الغازات الدافئة في الغلاف الجوي عند مستو يحول دون حدوث تدخلات خطيرة من جانب الإنسان في النظام المناخي ، لكن ما حدث هو أن الكثير من الدول لم تلتزم خاصة مع عدم وجود آلية لإلزام الأطراف الموقعة تنفيذ الأهداف التي حددتها الاتفاقية، وقد تلي ذلك عقد المؤتمر الأول لأطراف الاتفاقية الإطارية لتغير المناخ في برلين في عام 1995م، وفيه تم الاعتراف بعدم كفاية الالتزامات التي وردت في هذه الاتفاقية كما أطلق المؤتمر الدعوة إلى ضرورة عقد بروتوكول جديد يمكنه إلزام الدول الصناعية المتقدمة بتخفيض انبعاثاتها من الغازات الدفيئة. وكان هذا هو الأساس الذي مهد لعقد بروتوكول كيوتو في 1997م، حيث تضمن بروتوكول كيوتو التزامات محددة والتي

جاءت في مجملها تحقيقا واستكمالا للمبادئ العامة التي حوتها اتفاقية الأمم المتحدة الإطارية بشأن تغير المناخ. وكان من أهم ما اشتمل عليه بروتوكول كيوتو: -

1- النص على أن تقوم 38دولة صناعية بتخفيض انبعاثات الغازات الدفيئة بنسب تختلف من دولة لأخرى على أن يتم هذا التخفيض خلال الفترة من 2008م حتى 2012م.
2- تحميل الدول المتقدمة مسئولية نقل التكنولوجيا للدول النامية ومساعدتها مالياً وفنياً على مواجهة مشكلة تغير المناخ.
3- العمل على تطوير تكنولوجيا أقل استهلاكا للوقود ومن ثم أقل ضررً للبيئة.

المادة الثالثة من البروتوكول تعتبر أهم مواده، لأنها تحدد الالتزامات الكمية للحد من انبعاثات الغازات الدفيئة في الدول الصناعية المتقدمة , وقد جاءت الموافقة على هذه المادة استجابة لمقترح اليابان بأن تقسم الدول المتقدمة إلى ثلاث مجموعات يتم إلزام كل منها بهدف كمي مختلف وفقا لما تتيحه إمكاناتها وظروفها الاقتصادية ، وفي إطار ذلك التزمن دول الاتحاد الأوروبي بنسب تخفيض 8% ، والولايات المتحدة بنسبة7% واليابان بنسبة 6% ، بينما تم السماح لبعض الدول الأخرى ك(استراليا وأيسلندا) بزيادة انبعاثاتهما بنسبة 8%و10%على التوالي **(يوسف حمدي نصيف ، 1998،صص274-175)**.

كذلك وافق اعضاء المؤتمر على المقترح الأمريكي بأن يتم احتساب أهداف تخفيض الانبعاثات لا بالنسبة لسنة واحدة، ولكن على فترة خمس سنوات، هي مجموعة سنوات الالتزام وبموجب ذلك يتم تحديد إجمالي الانبعاثات التي سيسمح بها. واعتبر إقرار بروتوكول كيوتو لتغير المناخ خطوة هامة للإمام على طريق معالجة ظاهرة عالمية غاية في الأهمية والخطورة كالاحترار العالمي **(نيرمين السعدني، 2001، ص2006)**.

المبحث الثالث: يتناول عرض التشريعات والقوانين الليبية واليابانية لحماية الأمن والبيئة دراسة مقارنة: لما تزايد الخطر على البيئة وأصبح التلوث البيئي يشكل خطر على الحياة والصحة والغذاء، تدخلت الدول لمعالجة الأمر بتشريعات خاصة لحماية البيئة، بمختلف أنواعها سواء كانت البيئة البرية أو الجوية أو المائية ومن هنا ينقسم هذا المبحث مطالبين، أولها: التشريعات الليبية وثانيها: التشريعات اليابانية على النحو التالي: -

المطلب الأول: حماية البيئة في التشريعات الوطنية الليبية: لقد أصدرت الدولة الليبية في العام 1982م، قانون رقم (7) بشأن حماية البيئة البرية، حيث كان الفصل الثامن منه بعنوان حماية التربة والنباتات والفصل التاسع بعنوان حماية الحياة البرية من المادة السادسة والخمسون حتى المادة الحادية والستين (61). حيث نصت المادة (56) على حماية التربة بإلزام الجهات المختصة على استخدام الأراضي استخداما رشيدا يعتمد أسلوب المسح العلمي الشامل عند وضع أي تخطيط زراعي مراعية الظروف المحلية وتحسين التربة، وذلك لمنع تصلبها وتصحرها وحمايتها من التعرية والانجراف و اجهادها بأتباع الدورات الزراعية غير السليمة واستعمال الأسمدة الكيماوية والعضوية المناسبة ، كذلك منع التوسع العمراني على الأرض الزراعية، كما نصت لمادة السابعة والخمسون أسس حماية الحياة النباتية فألزمت الجهات المختصة بالعمل على عدم زيادة الطاقة الرعوية للمراعي عن طريق تنظيم الرعي، وحماية المناطق الرعوية للمراعي لإعطاء الفرصة الكافية لنمو وتكاثر الغطاء النباتي، وأن تقوم بما يلزم لإنتاج وزراعة النباتات الرعوية الملائمة ذات القيمة الرعوية العالية والملائمة للظروف المحلية. والمادة (58) فقد تناولت الاهتمام بالغطاء النباتي الأخضر في التجمعات السكانية في المدن والريف، فألزمت بالجهات المختصة بإقامة الحدائق والساحات الخضراء بما يخدم الحافظة على جمال الطبيعة، وصحة

المواطنين والترفيه عنهم. واستكملت المادة (59) جوانب الحماية للمساحات الخضراء في التجمعات السكانية فاعتبرتها منتزهات شعبية وحظرت استخدامها كمناطق إعدام للمخلفات النفطية والكيماوية والقمامة ومخلفات البناء والخردة أو الحيوانات الميتة.

أما المادتان (60-61) فقد تناولنا حماية الحياة البرية حيث أوجبت المادة الأولى المحافظة على كافة الحيوانات والطيور البرية وحمايتها من الانقراض عن طريق الصيد أو نقص الغذاء كما أوجبت على الجهات المختصة لتوفير الغذاء والماء للحيوانات البرية أن تقوم بما يلزم لتوفير الغذاء بما يضمن استمرار الحياة البرية ومنعت المادة (61) الصيد بصفة عامة إلا بترخيص رسمي. وتناولت المادتان 73، 74 من قانون البيئة الليبي الحماية العقابية للبيئة البرية فكانت المادة الأولى متعلقة بحماية النبات حيث نصت على عقوبة الحبس مدة لا تتجاوز ثلاثة أشهر والغرامة التي لا تتجاوز مائتي دينار أو احدى هاتين العقوبتين كل من يلقي مخلفات البناء أو النفط. أو المواد الكيماوية أو القمامة أو الخردة أو الحيوانات الميتة في الغابات والحدائق والشوارع والميادين العمومية وغيرها من الأماكن المفتوحة للجمهور لعلاقة ذلك بالناحية الجمالية والنفسية وحماية الصحة العامة للمواطنين (**مدونة التشريعات الليبية 1982**). كما نصت التشريعات الليبية الوطنية في نفس القانون سلف الذكر على حماية البيئة الجوية: ففي المواد من 11إلى 18 نص القانون رقم (7) على حماية البيئة السلف الذكر، ألزمت المادة 11 منه المنشآت والمصانع التي تنبعث منها ملوثات الهواء بعدم مخالفة القواعد والمعايير العلمية في حماية البيئة وأمهلت هذه المادة المصانع والمنشآت التي هي في طور التشغيل التجريبي لمدة لا تتجاوز ستة أشهر وكذلك التي تنشأ مستقبلاً بعدم مخالفة تلك القواعد. أما المادة 12 فهي استكمال لحكم المادة 11 قد نصت على إلزام جميع الجهات والأفراد عند مباشرة الأنشطة الإنتاجية، أو الخدمية ، أو غيرها الالتزام بإتباع القواعد والمعايير العلمية حيث فرضت على المصانع والمنشآت الاحتفاظ بسجل لنوعية ومكونات وكمية الملوثات المطرودة ، وتقديمها للمركز الفني لحماية البيئة الذي يجوز له وفقا للمادة 13 أن يصدر لها التعليمات اللازمة بما فيها ادخال تغيرات على المبنى أو طريقة التشغيل أو كيفية التخلص من الملوثات أو تغير نوع الوقود وله أيضا أن يغلقها إذا ثبت أن كمية الملوثات تتجاوز القواعد والمعايير المحددة ، كذلك له ان يصدر طبقا للمادة 12 عند حصول حادث تلويثي للهواء من المصنع أو المنشأة التعليمات الأوامر التي يجب عليها تنفيذها بشكل فوري . أما المادة 15 فقد منعت إشعال النيران في المواد المطاطية والنفطية والقمامة وكذلك المواد العضوية الأخرى في المناطق الآهلة بالسكان وذلك لما لهذا الفعل من أثار ملوثة للهواء وضارة بالصحة. كما أوجبت المادة 16 التغطية المحكمة للمواد التي تنبعث منها غبار وأبخرة أو جزيئات دقيقة عند نقلها، كما منعت تركها بطريقة تسبب تلوث الهواء الجوي. والمادة 17 فهي قد جاءت للتخفيف من الآثار الملوثة لعوادم السيارات فمنعت إعطاء الترخيص باستعمال المركبات الآلية إلا بعد اجتياز الاختبارات الخاصة بالاحتراف الداخلي ونوعية الوقود أما المادة 18 فهي بعد أن ألزمت الجهات المصنعة والمسوقة لوقود السيارات إتباع المواصفات المعتمدة من مركز حماية البيئة. كذلك نصت المادة 66 على تنظيم الجوانب العقابية عند مخالفة الأحكام المتعلقة بحماية البيئة الجوية. ونخلص إلى أن النصوص العامة في قانون العقوبات والمتعلقة بحماية البيئة الجوية يطبق مع عدم الإخلال بأية عقوبة أشد يقررها قانون أخر (**الجيلاني عبد السلام ارحمه، 2000**). كذلك اهتمت الدولة الليبية بحماية البيئة البحرية، ففي العام 1973م، أصدر القانون رقم (8) في شأن منع تلوث مياه البحر بالزيت. منبثق عن الاتفاق التعاوني لمكافحة تلوث مياه البحر الابيض المتوسط بالزيوت المنعقد في باريس سنة 1972م، واتفاقية لندن في شأن منع تلوث مياه البحر بالزيت الصادر في سنة 1954م، حيث جاء ليحمي البيئة البحرية من التلوث بالزيت. كما ورد في القانون رقم (7) -كما ذكرنا-في الفصل الثالث منه على حماية البيئة البحرية من التلوث بكل أنواع الملوثات بما فيها التلوث بالزيت مما يجعله مستوعباً للقانون الأول وشاملاً له. وهو الواجب التطبيق. ويلاحظ أن قانون حماية البيئة رقم (7) لسنة 1982م، هو الأشمل نصوصا والأكثر إحاطة في

تناول تنظيم التلوث*. أما المادة 32 فقد تناولت سلطات مأمور الضبط القضائي بالنسبة لجرائم البيئة البحرية فأعطتهم الحق في تفتيش السفينة وأجهزة فصل الزيت والاطلاع على سجلات الزيت والتبليغ عن هذه الجرائم وأن على ربانية السفن أو مشغلي أو مجهزي السفن أو المسؤولية عن المنشآت البحرية التعاون التام معهم ونصت المادة 33 على إخطار الدول الأخرى عن مخالفات السفن التابعة له طبقا للقانون والمعاهدات الدولية .وحظرت المادة 34 إلغاء الفضلات أو المواد السامة أو المخلفات في الشواطئ أو المياه الاقليمية لليبيا كما حظرت المادة 35 صرف المياه الملوثة بالبحر بصورة مباشرة عن طريق أنابيب الصرف أو عن طريق القنوات والمجاري قبل معالجتها . وحظرت المادة 36 إلقاء المواد المشعة والخطرة والغازات السامة والمفرقعات بغرض التخلص منها في المياه الاقليمية لليبيا وجاءت المادة 37 تلزم المنشآت المستخدمة لماء البحر في التبريد تقوم بصرف مياه التبريد على أعماق ومسافات تناسب مع المياه العائدة بالبحر حتى لا تسبب في ارتفاع حرارة البحر "التلوث الحراري" ، كما حظرت المادة "38" القيام بإنشاءات على الشواطئ يكون من شأن أحداث تغيير في التيارات البحرية ..إلخ، كما نصت المادة 39 ضرورة الحصول على موافقة المركز الفني لحماية البيئة قبل بناء المصانع أو المنشأة التي تستخدم مياه البحر على الساحل ، أو تلقي به أية مخلفات، أو تقوم بتفجير مفرقعات لأغراض ضرورة من متطلبات العمل ..إلخ (**الجيلاني عبد السلام ارحمه، ،2000**).

المطلب الثاني: الدور الياباني في حماية البيئة : خطوات اليابان نحو تحقيق الأمن البيئي: **حيث** طرحت اليابان رؤية لمفهوم الأمن الإنساني تركز بالأساس على البعد التنموي للمفهوم، وبذلك يشمل مفهوم اليابان للأمن الإنساني العناصر كافة التي تهدد البقاء البشري وحياة الأفراد اليومية وكرامتهم ومنها التهديدات البيئية، فقد تعرضت معظم المدن والصناعات الرئيسية في اليابان خلال الحرب العالمية الثانية إلى دمار كامل، ولم تكن هناك طريقة للعيش بالنسبة لحوالي"100 مليون" فرد ياباني سوى إعادة بناء الصناعة التي بدأت بالتوسع بسرعة فائقة اعتباراً من منتصف الخمسينيات، وفي الستينيات، حيث استعاد الاقتصاد الياباني عافيته بالكامل تقريباً، كما حققت اليابان في فترة ما بين السبعينيات والثمانينيات ما عرف "بالنمو الاقتصادي" ولكن، وبموازاة هذا التوسع السريع ونمو طاقة الإنتاج الصناعي، ظهر تلوث بيئي عام وخطير أصبح يشكل مشكلة اجتماعية. فمنذ النصف الثاني من الخمسينيات وخلال الستينيات، أصبح التلوث موضع انتقادات اجتماعية شديدة في البلاد. **كذلك** بداية الستينيات، نشأت "الصحوة البيئية" في صفوف الشعب الياباني بسبب ظهور كوارث صحية من جراء تلوث المياه، حيث لعب الإعلام دورا مهما في الوقوف بجانب المواقف الخاصة بالبيئة، وبالتالي أصبحت حركات حماية البيئة ميدانا للمعركة السياسية من قبل كافة الجماعات أو الأحزاب المناهضة للحكومة، مما صعب مهمة الإدارة المنطقية لشئون البيئة (**سوزي محمد رشاد، 2017، ص 224**). حيث تكاتفت جهود الحكومة والقطاع الخاص والمنظمات غير الحكومية للحفاظ على البيئة، ونذكر من أهمها على سبيل المثال: الجهود الحكومية: فالحكومة اليابانية تبنت إجراءات متعددة للحد من التلوث، حيث تم تأسيس "وكالة البيئة" في عام 1971م، ضمن مكاتب رئيس الوزراء، باعتبارها الهيئة الإدارية المركزية لحماية البيئة الطبيعية وإزالة التلوث، كما أنشأت الحكومات المحلية وكالات إدارية لمعالجة منع وإزالة التلوث في المحليات التابعة لها، ووضعت الحكومة المقاييس النوعية للبيئة والتي تشمل تلوث الجو والماء. إلخ (**نجوى سمك، السيد صدقي عابدين، 2002، ص173**).

كما اصدرت الوزارة قانون في عام 1973م، للتعويض عن أضرار التلوث الصحية، والتعويض عن أضرارها، وتقديم الخدمات الطبية والاجتماعية لمتضرري التلوث، ويعمل هذا المشروع من خلال حكومات المحافظات والبلديات في المناطق التي تحددها الحكومة المركزية. كذلك في العام 1993م، أصدرت الحكومة اليابانية "القانون الأساسي للبيئة" والذي يحدد التوجهات الرئيسية للسياسات في اليابان، والغرض الرئيسي للقانون هو الاعتراف بالبيئة كأحد المكونات الضرورية لحياة الأجيال الحاضرة والمستقبلية. وفي نفس العام تم تأسيس "صندوق اليابان للبيئة العالمية" (JFGE) لممارسة أنشطة الحفاظ

على البيئة وتوفير الدعم المالي للأنشطة البيئية، حيث يتم تمويل الصندوق من قبل الحكومة والمنظمات الغير حكومية وأي جهات مانحة أخرى في مجال البيئة. كما تما اصدار التقارير السنوية تحت أسم "الجودة البيئية" والتي تحتوي على الأنشطة الخاصة بالبيئة والجهود السنوية المبذولة ونتائج تلك الجهود، كما تتضمن أنشطة وجهود الجماعات اليابانية في مجال حماية البيئة خارج اليابان. وفي العام 1994م، تم وضع الخطة الأساسية للبيئة، والتي تستشرف ملامح القرن الواحد والعشرين، حيث تما التخطيط لحماية البيئة والحفاظ عليها حتى منتصف هذا القرن، وتتضمن الخطة؛ المفاهيم الأساسية للسياسات البيئية بحيث ترمي إلى تغيير أنماط الاستهلاك والانتاج إلى أنماط مستدامة تحافظ على البيئة للأجيال الحاضرة والمستقبلية، ومن أجل ضمان تنفيذ الخطة، يتولى المجلس المركزي للبيئة مراجعة وتقييم تقدم وإنجازات الخطة الأساسية كل عام، وذلك من خلال تجميعه لآراء المواطنين والشعب اليابان كافة من مختلف المناطق نحو أداء المسئولين عن البيئة، وتضمين هذه الآراء في التقرير السنوي الذي يرفع للحكومة المركزية، وقد أطلقت الحكومة على هذه الخطة "الخطة الحكومية الخضراء للتحرك"، وقد رصد لها ميزانية تقدر بحوالي 86 بليون ين ياباني، أي ما يعادل 850 مليون دولار أمريكي، تم توزيعها على مجالات التلوث الكيماوي، وخفض تلوث الهواء، وإعادة تدوير المنتجات، ومكافحة الأمراض الناتجة عن التلوث في البلاد (**نجوى سمك، السيد صدقي عابدين، 2002،ص173**).كما قامت الحكومة اليابانية بإنشاء وزارة للبيئة (MOE) في العام 2001م، وتختص تلك الوزارة بالتخطيط للبيئة وفقا للقانون الأساسي للبيئة الصادر عام 1993م، حيث تعمل الوزارة فقاً سياسات لضمان مجتمع آمن بيئيا، كذلك تأخذ زمام المبادرة ولعب دور استباقي في تعزيز السياسات البيئية عبر الحكومة من خلال تنفيذ خطة البيئة الأساسية. وتهدف الوزارة لتعزيز سياسات لإدارة النفايات، ومكافحة التلوث، والحفاظ على الطبيعة، وحماية الحياة البرية، وتعزز بالتعاون مع غيرها من الوزارات التدابير لمعالجة ظاهرة الاحتباس الحراري، وحماية طبقة الأوزون، وإعادة التدوير، وإدارة الموارد الكيميائية، ومكافحة التلوث البحري، والحفاظ على الأراضي والأنهار والبحيرات، ورصد المواد المشعة. كما تقوم الحكومة بحملات توعية مستمرة لحماية البيئة تبدأ من رياض الأطفال والمراحل التعليمية المختلفة ومن خلال المجالس المحلية ومواقع التواصل الاجتماعي، ومنها الحملات الخاصة بخفض استهلاك الطاقة، وخفض البصمة الكربونية. كذلك قدمت الحكومة اليابانية مبادرة "مدينة المستقبل"، حيث اختارت الأمانة العامة لمجلس الشعب في البلاد أحداي عشر منطقة يتم فيها بذل الجهود لمعالجة المشاكل البيئية وتعزيز الوقاية من الكوارث والتعامل مع التحديات الناجمة عن شيخوخة المجتمع، منها ست مناطق من المناطق المتضررة من زلزال عام 2011م. وفي ضوء التطورات في مجال حماية البيئة، واستجابة إلى الإجماع العالمي قامت الحكومة اليابانية بتحديث التشريعات الموجودة في هذا المجال" وبالتحديد القانون الأساسي" لمراقبة التلوث البيئي، والقانون المتعلق بصيانة البيئة الطبيعية. **كما** اعتمدت الحكومة اليابانية في تحديث هذه القوانين على مشورة المجلسين التشريعيين وأولها: المجلس المركزي لمراقبة التلوث البيئي، و ثانيهما: مجلس صيانة البيئة الطبيعية، اللذان فحصا الأمر بعناية وأشارا بضرورة التأكيد على أهمية المعالجة العالمية للمسائل البيئية، حيث تتعاون جميع الجهات المختصة في البلاد وكافة طبقات الشعب، كذلك التعاون الدولي، والاقتصاديات الموجهة للبيئة، والنشاطات الاجتماعية، ونشاطات المجتمع بالكامل، كما تما اعطاء الفرص لمسألة فرض ضرائب تتعلق بالبيئة، كذلك التقييم المبكر للتأثيرات البيئية للحد من للنشاطات الصناعية الضارة بالبيئة في اليابان (**سوزي محمد رشاد، 2017، ص 224**).

الخاتمة

لقد وضحت الدراسة بأن مفهوم البيئة على غرار العديد من المفاهيم والأفكار لا يمكن التوصل إلى مفهوم شامل ومحدد له لأنه من المفاهيم الخلافية لا يقبل تعريفاً واحداً من جانب كل من يستخدمونه ولتعدد المفاهيم المستخدمة لهذا المصطلح وكذلك القوانين التي تحكمها والتطرق إلى مشكلاتها وعناصرها أمر بالغ الصعوبة.

كذلك بين أن مفهوم **الأمن** محور اهتمام الدول، وبحكم الدلالة العامة والشاملة لهذا المعنى، وتغير مفهوم الأمن في بداية الثمانيات، وكان من الأطروحات الأولي ذائعة الصيت كتاب "روبرت ماكنمارا تحت " بعنوان "جوهر الأمن" عام 1983م، الذي ر كز فيه على تجاوز الأبعاد العسكرية التقليدية للأمن وأهمية التنمية.

كما أكدت أن الأمن البيئي بدأ يتداول بكثرة في السبعينيات من القرن الماضي في المنظمات الدولية، وعلى رأسها الأمم المتحدة، حيث بدأت المخاطر تتضح بقوة نتيجة لتلوث البيئة أرضا، ومياها، وهواء، نتيجة مخلفات وعوادم الحضارة تهديد الوجود البشري برمته نتيجة لتصاعد هذه السموم والغازات إلى طبقات الهواء العليا، غلاف الكرة الأرضية.

كما أشارت الدراسة بأن مفهوم العلاقات الدولية يتكسب اليوم أهمية بالغة ويرجع ذلك إلى التطورات الحديثة في حقول الاتصالات والاختراعات والتطور التكنولوجي التي اختزلت المسافات، اختصرا للأبعاد، والخطير في أنها أمدت الإنسان بأسلحة خبيثة باتت تهدد ووجوده، في كل لحظة بالفناء السريع، الكمن في الحرب والتي يمكن وصفها أنها أداه تؤدي إلى الدمار والخراب في البيئة بكل مكوناتها.

كما وضحت بأن هناك قصور مقررات الأمم المتحدة في حماية الأمن والبيئة لأن الأمم المتحدة أسس ميثاقها عقب ظهور النتائج السلبية التي خلفتها الحرب العالمية الثانية، حيث ركز على حفظ السلم والأمن الدوليين، للحد من النزاعات الدولية، وأن المادة (99) لم يتم توسيعها لتشمل البعد البيئي المطروحة في القرن الحالي.

كما بينت بأن الاتفاقيات والبروتوكولات الدولية لحماية الأمن والبيئة. وفي مقدمتها مؤتمر "ستوكهولم" وحول النظام الدولي لحماية البيئة 1972م، ركز على الاحتياجات الاجتماعية والثقافة. إلخ، ومؤتمر ريودي جانيرو مؤتمر قمة الأرض 1992م. عقد هذا المؤتمر الدولي حول البيئة مشتملاتها، كذلك بروتوكول كيوتو وبأنه أتي بالتزامات محددة جاءت في مجملها تحقيقا واستكمالا للمبادئ العامة التي حوتها اتفاقية الأمم المتحدة الإطارية بشأن تغير المناخ.

وقد وضحت بأنه لا يوجد أدنى شك أن التشريعات والقوانين الليبية واليابانية لحماية البيئة كانت سبقه، حيث سنت العديد من القوانين والتشريعات والاتفاقيات والمعاهدات الخاصة لحماية البيئة بمختلف أنواعها سواء كانت البيئة البرية، أو الجوية، أو المائية وكان هناك دور للقطاع الخاصة في اليابان لحماية البيئة.

التوصيات:

وأخيراً فقد قدمت الدراسة عدداً من التوصيات والتي من خلالها يمكن العمل على إيجاد وسائل أكثر تفعيلاً بالنسبة البيئة والأمن البيئي في العلاقات الدولية ومعالجة أثاره فعل الجهات المختصة اتخاذ الإجراءات الآتية:

1- **التوصية الأولي**: توصي الدراسة بأن تتبني المنظمات الدولية والإقليمية موقفاً موحداً لحماية البيئة وتطبيق القوانين والتشريعات الدولية بطريقة حيدة وشفافية ونزاهة، دون تمييز

2- **التوصية الثانية**: يظل الوعي الثقافي والفكري هو الأساس لفكرة التعايش وذلك بهدف تكوين جيل واع ومهتم وملم بالبيئة والمشكلات المرتبطة بها، ولدية المعارف العقلية والشعور بالالتزام ما يتح له أن يمارس فرديا وجمعياً ،والتي تهدف إلى المساهمة في حل المشكلات البيئية القادمة ، والتربية البيئية من جه آخري هي عملية تكوين القيم والاتجاهات والمهارات والمدركات اللازمة لفهم العلاقة بين الإنسان ومحيطة البيئي للمحافظة على المصادر الطبيعية واستغلالها بطريقة سليمة ومستديمة، كما يجب تشجيع المنظمات والهيئات الحكومية

وغير الحكومية ، وكذلك تشجيع البحوث الفردية و الجماعية التي تهدف إلى وضع تدابير وقائية و أساليب علمية علاجية للتصدي للمشاكل البيئية ومنع تلوثها.

3- **التوصية الثالثة**: في ظل تطور القوانين التي تهتم بالحق في بيئة نظيفة بمرور الزمن ليصبح من حقوق الإنسان الأساسية وتأصل ذلك في القانون الليبي بحق الإنسان في العيش في بيئة صحية نظيفة ، وأصبح من الحقوق الأساسية التي تتسامي في شأنها وعلو قدرها ومكانتها مع أدوات الحقوق الطبيعية الأساسية ، ومنها الحق في الحرية والحق في المساواة .في ظل حرص الوثائق الدولية على توفير حياة كريمة للإنسان في وطنه ، ويقبل هذا الحق تقرير واجب على عاتقة بالالتزام بالمحافظة على هذه البيئة، والعمل على تحسينها للأجيال في الحاضر والمستقبل.

4- **التوصية الرابعة**: كذلك توصي الدراسة بوزارة دولة متكاملة(**يوجد وزارتان لكن غير ذات فعالية**) محاكاه للتجربة اليابانية، خاصة بالبيئة تضم جميع خبراء البيئة في جميع القطاعات المختلفة الزراعة والصناعة والسياحة والاستثمار أن وجدت وغيرها مت المؤسسات ذات العلاقة بالتلوث البيئي، وإلا سيؤدي هذا الاهمال إلى استمرار التلوث بذات معدلة الحالي إلى انهيار صحة معظم مواطنينا التي ألان في حافة الخطر وخاصة نحن في مدينة سرت التي تعرضت لتلوث اشعاعي وغيرها من مخلفات الحرب مما سيؤدي إلى عواقب جمة اجتماعية واقتصادية. إلخ.

5- **التوصية الخامسة**: كذلك توصي الدراسة بضرورة وأهمية الأمر بإنشاء شرطة متخصصة لديها الرغبة والكفاءة العالية ومدربة تدريب خاص ، كذلك توفير وسائل وفنية ذات تقنية عالية ،ذات كفاءة في الضبط الإداري والقضائي ، وذات خبرات عالية في اجراءات حماية البيئة ، لان ذلك أصبح من الضرورات الوطنية ، كذلك يتوجب نيابة متخصصة بجرائم الاعتداء على البيئة يكون اهتمامها منصباً على حمايتها ومكونه من أعضاء نيابة على علم ودراية بالجرائم البيئية ، مدركين لخطورة تلوث البيئة بجميع أنواعها ، ومدركين لأهمية التنمية المستدامة لحماية البيئة ، وعدم تغليب مصلحة على أخري محافظة على مصالح المجتمع العليا المؤتمنين عليه وعلى العمل لتطبيق حكم القانون فيه حماية لهذا المصالح الوطنية، لمنع ومكافحة التصحر.

6- **التوصية السادسة**: كما توصي الدراسة يجب وضع مبادئ للإدارة؛ لإدارة المياه موضع التطبيق العملي، ويستحسن إنشاء مجلس استشاري لإدارة مستدامة للمياه، وإصلاح القوانين الخاصة بالمياه، وهذا المجلس ينبغي أن يضم أساتذة في مختلف التخصصات العلمية، لضمان الاطلاع على مختلف الأنظمة وتعزيز الاجتهاد، ويكون من مهامه الأساسية التي ينبغي له القيام بها وضع سياسة أو استراتيجية مائية لحماية المياه والبيئة في البلاد وتعزيز دور القطاع الخاصة في المساهمة الفعالة في حماية البيئة كما يقوم به القطاع الخاص في اليابان.

قائمة المراجع:

أولاً: الوثائق:

الأمم المتحدة .(1966) .*حقائق أساسية عن الأمم المتحدة* .مكتب الأمم المتحدة للإعلام.

ليبيا .(1982) .*مدونة التشريعات الليبية*.

ليبيا .(1989) .*قانون تنظيم استغلال الثروة البحرية رقم.(14)*

مؤتمر الشعب العام .(2003) .*مدونة التشريعات الليبية* (العدد 4). طرابلس.

الأمم المتحدة .(2005) .*التقرير الصادر عن الأمم المتحدة حول التنمية المستدامة*.

ثانياً: الكتب

البدوي، محمد طه .(1972) .*مدخل إلى علم العلاقات الدولية* .دار النهضة العربية.

الجراح، عبد السلام .(2000) .*حماية البيئة بالقانون: دراسة مقارنة للقانون الليبي* .الدار الجماهيرية للنشر والتوزيع.

الحسين، شكراني. (2010). المادة رقم (99) من ميثاق الأمم المتحدة: الأمين العام والبعد البيئي .*المجلة العربية للعلوم السياسية*، 16 .الجمعية العربية للعلوم السياسية.

الخشيم، مصطفي عبد الله .(2003) .*موسوعة علم السياسة: مصطلحات مختارة* .الدار الجماهيرية.

الرازي، محمد بن أبي بكر بن عبد القادر .(1995) .*مختار الصحاح* .مكتبة لبنان.

الزاوي، الطاهر أحمد .(1980) .*مختار القاموس* .الدار العربية للكتاب.

السلامة، أحمد عبد الكريم .(1992) .*قانون حماية البيئة: دراسة تأصيلية في الأنظمة الوطنية والاتفاقية* . جامعة الملك سعود.

الشيخ، نورهان .(2016) .*نظرية العلاقات الدولية* .كلية الاقتصاد والعلوم السياسية، جامعة القاهرة.

الشويخ، أسامة فرج أحمد .(2012) .*التعويض عن الضرر البيئي العابر للحدود* .دار المعارف.

العقابي، علي عودة .(1996) .*العلاقات السياسية الدولية: دراسة في الأصول والتاريخ والنظريات* .الدار الجماهيرية للتوزيع والنشر.

العرفة، عبد السلام صالح .(1992) .*التنظيم الدولي* .منشورات الجامعة المفتوحة.

المراكبي، السيد .(2011) .*الحماية القانونية للبيئة من التلوث في القانون المصري* .معهد البحوث والدراسات العربية.

الهرش، فرج صالح .(1998) .*جرائم تلوث البيئة* .المؤسسة الفنية للطباعة والنشر.

عطية، ممدوح حامد، والقصاص، محمد عبد الفتاح .(1997) .*إنهم يقتلون البيئة* .الهيئة المصرية العامة للكتاب.

قاسم، مني .(1993) .*التلوث البيئي والتنمية الاقتصادية* .الهيئة المصرية العامة للكتاب.

مقلد، إسماعيل صبري .(2003) .*العلاقات السياسية الدولية* .جامعة أسيوط.

ناي، جوزيف س. الابن .(1997) .*المنازعات الدولية: مقدمة للنظرية والتاريخ* (أحمد أمين الجمل ومجدي كامل، مترجمين). الجمعية المصرية لنشر المعرفة والثقافة العالمية.

نيوتن، ليزا هـ .(2006) .*نحو شركات خضراء: مسؤولية مؤسسات الأعمال نحو الطبيعة* (إيهاب عبد الرحيم، مترجم). عالم المعرفة.

بور تشيل، سكوت .(2014) .*نظريات العلاقات الدولية* (محمد صفار، مترجم). المركز القومي للترجمة.

ثالثاً: الدوريات العلمية

أفندي، عطية حسن. (1992، أكتوبر). الإدارة الدولية لقضايا البيئة: دور الأمم المتحدة .*مجلة السياسة الدولية*، 110.

الحديدي، علاء. (1992، أكتوبر). قمة الأرض والعلاقة بين الشمال والجنوب .*مجلة السياسة الدولية*، 110.

جمعة، حازم حسن. (1994، يوليو). الأمم المتحدة والنظام الدولي لحماية البيئة .*مجلة السياسة الدولية*، 117.

درويش، خليل. (1999، فبراير). الدبلوماسية اليابانية في فترة ما بعد الحرب الباردة .*مجلة أوراق آسيوية*، 24.

السعدني، نيرمين. (2001، يوليو). بروتوكول كيوتو وأزمة تغير المناخ .*مجلة السياسة الدولية*، 145.

العادلي، فاروق محمد. (2008). الصياغة الاجتماعية لعلاقة الإنسان بالبيئة في مصر .*المجلة المصرية للعلم الاجتماعي*، 1.

مجاهد، هدي. (2008). كفاءة العلوم الاجتماعية في ترشيد السياسات الاجتماعية. *المجلة المصرية للعلم الاجتماعي*، 1.

نصيف، يوسف حمدي. (1998، أبريل). بروتوكول كيوتو لتغير المناخ: حسابات المكسب والخسارة. *مجلة السياسة الدولية*، 132.

خامساً: الرسائل العلمية

الأمير، نيللي كمال محمد حسنين* .(2010) .الأمن البيئي في السياسة الدولية: دراسة مقارنة للسياستين اليابانية والأمريكية (1997م-2007م) [رسالة دكتوراه غير منشورة]. جامعة القاهرة.

احواس، مصباح عبد الله عبد القادر .(2011) .*أساس وطرق التعويض عن الأضرار البيئية (دراسة مقارنة)* [رسالة دكتوراه غير منشورة]. جامعة عين شمس.

ثانياً: المراجع باللغة الأجنبية:

Brauch, H. G., Liotta, P. H., & Rogers, P. (2003). Security and environment in the Mediterranean: An introduction. In H. G. Brauch, P. Liotta, A. Marquina, P. F. Rogers, & M. Selim (Eds.), *Security and environment in the Mediterranean: Conceptualizing security and environmental conflicts* (pp. 1–46). Springer.

Carter, N. (2007). *The politics of the environment: Ideas, activism, policy* (2nd ed.). Cambridge University Press.

Collins, A. (2003). *Security and Southeast Asia: Domestic, regional, and global issues*. Lynne Rienner Publishers.

Seckinelgin, H. (2006). *The environment and international politics: International fisheries, Heidegger and social method*. Routledge.

Selim, M. (2008). *Environmental risks and strategies in the Arabian Gulf*. In Proceedings of the Workshop on Environment and Development in Asia. Tohoku University.

Sodeberg, M. (2005). Japan's foreign and security policies. In T. Kivimak & J. Delman (Eds.), *The security situation in Asia: Changing regional security structures* (pp. 123–145). NIAS Press.

Environment and Security in International Relations: "A Comparative Analytical Study of Libya – Japan"

Abdullah Abdulati Al-Farjani, and Mohammed Abdulnaser Abduljalil

Faculty of Law, University of Sirte, Libya

Abstract

This study focuses on investigating the existence of a specific definition for the concept of "environment," similar to other well-defined concepts and ideas, and explores whether a comprehensive and precise definition can be established. The concept is contentious and does not lend itself to a single definition accepted by all who use it, given the multiplicity of associated concepts and the governing laws, making addressing its problems and elements exceedingly difficult.

The study also examines the concept of "security" and how its transformation in the early 1980s led it to transcend traditional military dimensions and emphasize the importance of development. It investigates the emergence and subsequent usage of "environmental security," and explores the role of the United Nations, international, and regional organizations following the evident consequences of environmental pollution on land, water, and air.

Furthermore, the study assesses the relevance of the concept of international relations in light of modern developments in communications, inventions, and technological advancements that have effectively shortened distances and dimensions. It also scrutinizes the shortcomings of United Nations resolutions in protecting security and the environment, noting that the UN Charter was established in the aftermath of World War II, primarily focusing on maintaining international peace and security to limit conflicts. The study argues that Article 99 of the Charter has not been expanded to encompass the environmental dimension prominent in the current century.

The research delves into international agreements, conventions, and protocols aimed at protecting security and the environment, such as the Stockholm Conference (1972) on the International System for Environmental Protection, the Rio de Janeiro Earth Summit (1992), and the Kyoto Protocol under the United Nations Framework Convention on Climate Change, among others.

Finally, the study concentrates on examining the role of Libyan and Japanese legislation and laws in protecting various types of environments—whether terrestrial, atmospheric, or aquatic—and highlights the role of the private sector in Japan in environmental protection.

Keywords: Environmental Security; National Security; Environment; International Relations.

The First Scientific Conference of the Faculty of Science – Sirte University Environmental Pollution and Challenges of Environmental Sustainability (EPESC), Oct.14, 2025

تقييم أداء محطة معالجة مياه الصرف الصحي بمدينة رأس لانوف وإمكانية إعادة استخدام المياه المعالجة

نوارة فرحات الشيخي[1] وعبد الكريم رمضان الوافي[2]

[1]جامعة خليج السدرة - كلية التربية

[2]شركة رأس لانوف لتصنيع النفط والغاز

Corresponding Author Email: Nw.farh289@gmail.com.ly

الملخص: أجريت هذه الدراسة على محطة مياه الصرف الصحي بمدينة رأس لانوف خلال العام 2019م، حيث تمت دراسة كفاءة المعالجة بالمحطة وإمكانية الاستفادة من هذه المياه المعالجة. وتمثلت الدراسة في جانبين (النظري، والعملي) فالنظري تمثل في التعريف بمياه الصرف ومصادرها وخواصها ومكوناتها ومخاطرها والتعرف على طرق المعالجة المتبعة في المحطة (الحمأة المنشطة) وهي الأكثر استخداماً في هذا المجال. وعلى طرق الاستفادة من المياه المعالجة، حيث تم جمع البيانات عن مشكلة الدراسة عن طريق العاملين الحقلي والمكتبي. واستند هذا البحث على الجانب العملي من خلال تجميع العينات من جميع مراحل المعالجة التي تمر بها المياه وتم إجراء الاختبارات المطلوبة لتحديد كفاءة المعالجة ومدى ملائمة المياه المعالجة لإعادة الاستخدام وذلك من خلال تحديد المعايير التالية: معدل التدفق، درجة حرارة المياه، الأس الهيدروجيني، الموصلية الكهربية، طلب الأكسجين الحيوي (BOD)، طلب الأكسجين الكيميائي (COD)، ومجموع المواد الصلبة العالقة TSS، النيتروجين الكلي، نسبة الفسفور الكلي، البكتريا القولونية، وبعض المعايير الاخرى. حيث استنتجت الدراسة ان متوسط نتائج الاختبارات التي تم إجرائها على مياه الصرف الصحي بالمدينة السكنية كانت على النحو التالي: تركيز BOD للمياه الداخلة (278 ملجم/لتر) والخارجة (29ملجم/لتر)، وتركيز COD للمياه الداخلة (702ملجم/لتر) والخارجة (73ملجم/لتر) وتركيز TSS للمياه الداخلة (392ملجم/لتر) والخارجة (11.4ملجم/لتر)، وكان تركيز النيتروجين الكلي للمياه الداخلة (8.50 ملجم/لتر) والخارجة (3.10 ملجم/لتر)، وكان تركيز النيتروجين الكلي للمياه الداخلة (28.80 ملجم/لتر) والخارجة (8.60ملجم/لتر)، وكان تركيز نسبة الكلور المتبقي للمياه الخارجة (0.29 ملجم/لتر)، وكان تركيز مجموع البكتريا القولونية

Article History:

Received: 09 March 2025

Revised: 15 May 2025

Published: 15 July 2025

الكلمات المفتاحية: التقييم؛ الأداء؛ محطة معالجة مياه الصرف الصحي؛ إعادة استخدام المياه؛ رأس لانوف

Keywords: Evaluation; Performance; Wastewater Treatment Plant; Water Reuse; Ras Lanuf

للمياه الخارجة (742 10^3/100ml) وكان تركيز المعادن الثقيلة في المياه الخارجة من المحطة على النحو التالي Pb(0.03 ملجم/لتر)،Cr (0.07 ملجم/لتر)، Cd(0.004 لجم/لتر)Ni (0.02 ملجم/لتر)، وكانت الكفاءة الكلية للمحطة (92%)، وكل النتائج كانت ضمن المواصفات التشغيلية ومتوافقة مع الاشتراطات البيئية الليبية واشتراطات منظمة الصحة العالمية المطلوبة لمياه الصرف الصحي لإعادة استخدامها في الري المقيد بشروط. وأثبتت الدراسة مدى الاستفادة من المياه المعالجة بالمحطة في ري الحدائق والمتنزهات داخل المدينة وكذلك ري اشجار الحزام الاخضر المقام حول المدينة لمكافحة زحف الرمال على المدينة وري اشجار الغابة بالمزرعة غرب محطة المعالجة.

أولاً: المقدمة:

إن النفايات كانت بشكل عام تتكون من مواد عضوية سهلة التحلل وبتركيزات بالكاد تذكر، وعندما أخذت التجمعات البشري في التحول إلى مدن صغيرة قبل أكثر من 4000 سنة قبل الميلاد زادت كمية استهلالك المياه وزادت معها كمية مياه الصرف وفي هذه الفترة الزمنية حاولت هذه التجمعات تأمين مياه الشرب ولم تراع أهمية مياه الصرف بالشكل الصحيح. كما قام قدماء المصريين واليونان بري الحقول بمياه الصرف لرفع كفاءة الانتاج الزراعي، غير أنه خلال العصور الوسطى لم تقوم حتى المدن المزدهرة في أوروبا بتصريف الفضلات لذلك كانت الظروف الصحية سيئة للغاية وقد كاد إن يقضى على سكان المدن حيث كانت تصرف مياه الصرف على الطريق العام مباشرة. وبعد انتشار الأوبئة التي قضت على أعداد هائلة من البشر أخذوا يصرفون المياه العادمة من خلال قنوات تحت سطح الارض إلى مصادر المياه السطحية وفي 1807 تم اختراع اول مرحاض (WC). أما عملية التخلص من المياه العادمة عن طريق استعمالها في الزراعة والتي عرفت في زمن قدماء المصريين واليونان، ثم انتقلت عملية ري التربة بمياه الصرف إلى بريطانيا حيث استعملت في عدة مدن، ومع بداية الثورة الصناعية في بريطانيا أخذت المصانع تنتشر على ضفاف الأنهار بهدف التخلص من فضلاتها في المياه، وقد ضاعفت زيادة الكثافة السكانية من حدة المشكلة حيث أصبحت المياه السطحية عبارة عن مياه ملوثة تخرج منها الغازات السامة والكريهة. وانتقلت هذه الحالة من بريطانيا إلى الدول المجاورة مثل المانيا وفرنسا. (غرايبه.1998).

أما في ليبيا فقد اعتمدت أساليب التخلص من مياه الصرف الصحي للمباني منذ القدم على استخدام الآبار السوداء كما وجدت بعض أنظمة الصرف الصحي المصغرة التي تصرف مجاريها إلى البحر بالمناطق الساحلية. خلال العقد الثاني من القرن الماضي بدأت تنشأ شبكات الصرف الصحي على مستوى المدن الليبية والتي بدأت بمدينة طرابلس سنة 1929م حيث تم تنفيذ مواسير شبكة الصرف الصحي لكامل المدينة القديمة لتنتهي بمصبات عند شاطئ البحر الواقع داخل مدينة طرابلس خلال عقد الستينات الماضي ومع توسع الرقعة العمرانية وازدياد كميات مياه الصرف الصحي الناتجة من المناطق الحضرية بدأ في التخطيط وتنفيذ عدد(5) محطات لمعالجة مياه الصرف الصحي في كل من طرابلس، مصراتة، بنغازي، درنة وطبرق والتي أصبحت جاهزة للعمل مع بداية السبعينات وخلال السنوات الثلاثين الماضية اتسع مجال تنفيذ شبكات الصرف الصحي ومحطات معالجة مياه الصرف الصحي لتشمل معظم المدن الليبية حيث نفذت خلال هذه الفترة أكثر من 40 محطة معالجة في معظم مدن ليبيا وبلغ اجمالي السعات التصميمية حوالي 175 مليون متر مكعب سنويا وتتم المعالجة باستخدام تقنيات مختلفة. (المبروك. 2007).

ثانياً: مشكلة الدراسة:

مع التطور الحضاري والنمو السكاني في مختلف دول العالم يزداد الطلب على المياه النظيفة اللازمة للشرب والصناعة والزراعة والانشطة الاخرى بينما تحمل المياه المستعملة في جميع المجالات البشرية والصناعية، وحتى الزراعية ملوثات بأصناف مختلفة تضر بالإنسان والحيوان والنبات وإن معالجة مياه الصرف الصحي ضرورة بيئية سواء استغلت هذه المياه المعالجة في مجال الزراعة وخلافه أو لم تستغل، ومعظم المحطات في ليبيا يتم فيها معالجة مياه الصرف وبعض هذه المياه تطرح في الارض المجاورة من دون الاستفادة منها وأخرى تلقي هذه المياه المعالجة في البحر والوديان. ونظراً لعدم وجود التوعية الكافية عن أهمية هذه المياه ونوعيتها وكيفية الاستفادة منها، برزت الحاجة الى التطرق لهذا النوع من الدراسة. عليه وعلى ما ذكر يمكن تحديد نطاق المشكلة البحثية لهذه الدراسة في "تقييم أداء محطة الصرف الصحي بمدينة رأس لانوف وإمكانية الاستفادة من المياه المعالجة بإعادة استخدامها".

ثالثاً: أهمية الدراسة:

تتمثل أهمية هذه الدراسة في الاتي:

1- تقييم عمليات معالجة المياه في محطة الصرف الصحي بمدينة رأس لانوف وإمكانية الاستفادة من هذه المياه.

2- التركيز على أحد المشاكل الرئيسية والتي تنظر في سبل الاستفادة من المياه المعالجة وخاصة وان ليبيا تملك العديد من محطات المعالجة في معظم المدن.

3- التركيز على إمكانية اعادة استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة لما لها من مردود (سلبي وايجابي) على البيئة والصحة العامة وأهمية كبيرة في المحافظة على مصادر المياه.

رابعاً: أهداف الدراسة:

الهدف الرئيسي من الدراسة هو تحديد مدى كفاءة أداء محطة معالجة مياه الصرف الصحي بمدينة رأس لانوف في معالجة هذه المياه وملائمتها للمعايير والمقاييس المحلية والعالمية لمياه الصرف، وذلك لحماية ووقاية البيئة ومصادر المياه من التلوث وتتضمن الدراسة أهداف أخرى متمثلة في:

1. مراجعة الوضع الراهن لمحطة المعالجة برأس لانوف وإمكانية الاستفادة من المياه المعالجة.
2. التعرف على مياه الصرف والطرق المستخدمة في معالجتها.
3. التعرف على التقنيات الحديثة في معالجة مياه الصرف الصحي.

خامساً: منطقة الدراسة:

تم إجراء هذه الدراسة على محطة معالجة مياه الصرف الصحي بمدينة رأس لانوف والتي تقع في الشمال الليبي على ساحل البحر الابيض المتوسط وعلى خطي عرض30.30 درجة شمالاً و18.31 درجة شرقاً وعلى بعد 650 كم شرق مدينة طرابلس وعلى بعد 350 كم غرب مدينة بنغازي.

شكل (1) موقع مدينة رأس لانوف

سادساً: الدراسات والأبحاث السابقة:

في مقال نشر في صحيفة City Editor for The Age في استراليا في 2013/10/15 للكاتب Jason Dowling تناول بحث بعنوان اعادة استخدام مياه الصرف الصحي في الشرب بأستراليا مقدم من قبل الدكتور Dr Stuart Khan أكد خان أن استراليا بصدد استخدام مياه الشرب من مياه الصرف الصحي المعالجة، وجاء في التقرير أن المعالجة المتقدمة لمياه الشرب تتضمن إزالة المواد الصلبة العالقة، والحد من تركيز المواد الذائبة والتطهير. وقد اتخذت الحكومة الأسترالية خطوة كبيرة نحو استخدام مياه الصرف المعاد تدويرها مع خطط لإرسال هذه المياه لطبقات المياه الجوفية لاستخدامها في غضون 20 إلى 30 عاماً "لأغراض الشرب، في التقرير الذي أعده الدكتور خان والأكاديمية الأسترالية للعلوم التكنولوجية والهندسية، والذي تناول شحن المياه الجوفية بواسطة مياه الصرف الصحي المعالجة. وتأمل الحكومة أن يقوم هذا النظام في زيادة أكثر من 20% من مياه الشرب في مدينة بيرث. وقال التقرير إن هذا الأسلوب استخدم في ناميبيا منذ عام 1968م وإن هذه الطريقة مستخدمة أصلاً في الولايات المتحدة وجنوب أفريقيا. وعن التقرير الذي أعده مركز إعادة تدوير المياه الاسترالية قال الرئيس التنفيذي للمركز Mark O'Donohue، أن المياه المعاد تدويرها سيكون لها دوراً هاماً في إمدادات المياه في المستقبل في استراليا، وأكد خان المياه المعاد تدويرها يدخل بالفعل في التخزين حيث قال "هناك العديد من الأمثلة حول إستراليا حيث لدينا محطات معالجة مياه الصرف الصحي التي يتم التفريغ في الأنهار التي تعمل في الخزانات التي تصبح جزءً من إمدادات مياه الشرب، وقال الدكتور خان أن استخدام المياه المعاد تدويرها يتطلب أقل طاقة وأقل كلفة بكثير من تحلية مياه البحر. وأكد التقرير أن هناك حاجة قوية لإدخال المياه المعاد تدويرها لأغراض الشرب. وفي استطلاع حول: هل تشرب مياه الصرف المعاد تدويرها؟ نعم 63%، لا37% مجموع الأصوات: 1766 صوت (Yahaya &Samuel,2008). وقام (الصالحين.2011م) بدراسة في منطقة جردس بالقرب من مدينة المرج لتقييم جودة المياه الجوفية وأتضح من الدراسة أن هناك ارتفاع في تركيز النترات والنيتريت في معظم العينات وذلك راجع لتسرب مياه الصرف الصحي في بعض المواقع، كما وجد أيضاً زيادة في تركيز الفوسفات في العديد من العينات والذي يجعل مياهها غير صالحة للشرب وفقاً لمعايير منظمة الصحة العالمية WHO. إن زيادة نسبة النترات في المياه الجوفية، سيما التي تستخدم للشرب تتسبب في حدوث آثار صحية خطيرة على الأطفال الرضع وقد تكون قاتلة، كما أن الحموضة المنخفضة في الجهاز الهضمي للرضيع تؤدي إلى نمو بكتيريا تقوم باختزال النتريت وتحويلها إلى نترات والذي ينتقل إلى الدم. وللنترات شراهة عالية للهيموجلوبين مقارنة بالأكسجين وبذلك تحل النترات مكان الأوكسجين في الدم مكونة الميثيموجلوبين، وتحرم الجسم من الأوكسجين الضروري له، وفي الحالات الشديدة يؤدي ذلك إلى اختناق المصاب حتى الموت .وهناك العديد من الحالات التي تبين خطورة الوضع في المنطقة العربية، فعلى سبيل المثال

في قطاع غزة ارتفعت مستويات النترات التي تنتج من التلوث الزراعي ومن مياه الصرف الصحي في المياه الجوفية بالقطاع حتى وصلت إلى ما بين 600 و800 ملجم/لتر، وهذا الرقم يزيد بكثير عن الحد الأقصى المسموح به للنترات في مياه الشرب للبالغين، وفقاً لمواصفات منظمة الصحة العالمية WHO والتي تصل إلى 50 ملجم/لتر، وهذا الأمر يشكل خطراً كبيراً على صحة سكان المنطقة ولقد شهدت منطقة رأس الجبل في شمال تونس هذه الظاهرة أيضا حيث وصل تركيز النترات الناتجة عن التلوث الزراعي إلى حوالي 800 ملجم/لتر(WHO,1997).

الإطار النظري:

أولاً: مياه الصرف:

يقصد هنا بمياه الصرف تلك المياه الناتجة عن أنشطة الانسان في السكن والصناعة والزراعة وغيرها وتحتوي هذه المياه حسب مصدرها على ملوثات عضوية وغير عضوية وجرثومية وإشعاعات وحرارة وتتواجد الملوثات العضوية والغير عضوية والجرثومية في مياه الصرف على شكل مواد قابلة للترسيب ومواد عالقة ومذابة على شكل غروي وتعتبر مياه الصرف اليوم من أهم مصادر التلوث في دول العالم بالرغم من انها تعتبر من الموارد المائية الغير تقليدية. وتعتبر تقنيات تطوير هذه الموارد الغير التقليدية وتنميتها ذات أهمية كبيرة وخاصة في بلد كليبيا تفتقر إلى الموارد المائية حيث أنها محدودة الكميات وأن زيادة هذه الكميات من خلال تطوير معالجة الموارد المائية غير التقليدية أصبح أمراً ذا أهمية وذلك بسبب الطلب المتزايد على الماء نتيجة التزايد السكاني الكبير وارتفاع مستوى المعيشة الذي يحتاج إلى متطلبات مائية أكبر والعجز المحتمل للمصادر التقليدية عن تلبية هذه الاحتياجات (UNEP,1988)..

ثانياً: أنواع مياه الصرف:

الأنواع الرئيسية لمياه الصرف إما أن تكون: صرف صناعي، صرف صحي، صرف زراعي.

- **مياه الصرف الصناعي:** ويمكن تعريف مياه الصرف الصناعي "على أنها المياه الناتجة عن الاستعمالات الصناعية المختلفة والتي تحتوي حسب المصدر على مواد كيماوية ضارة ولا يسمح لها بإن تنقل وتعالج مع المياه العادمة المنزلية " (غرايبه. 1998م).

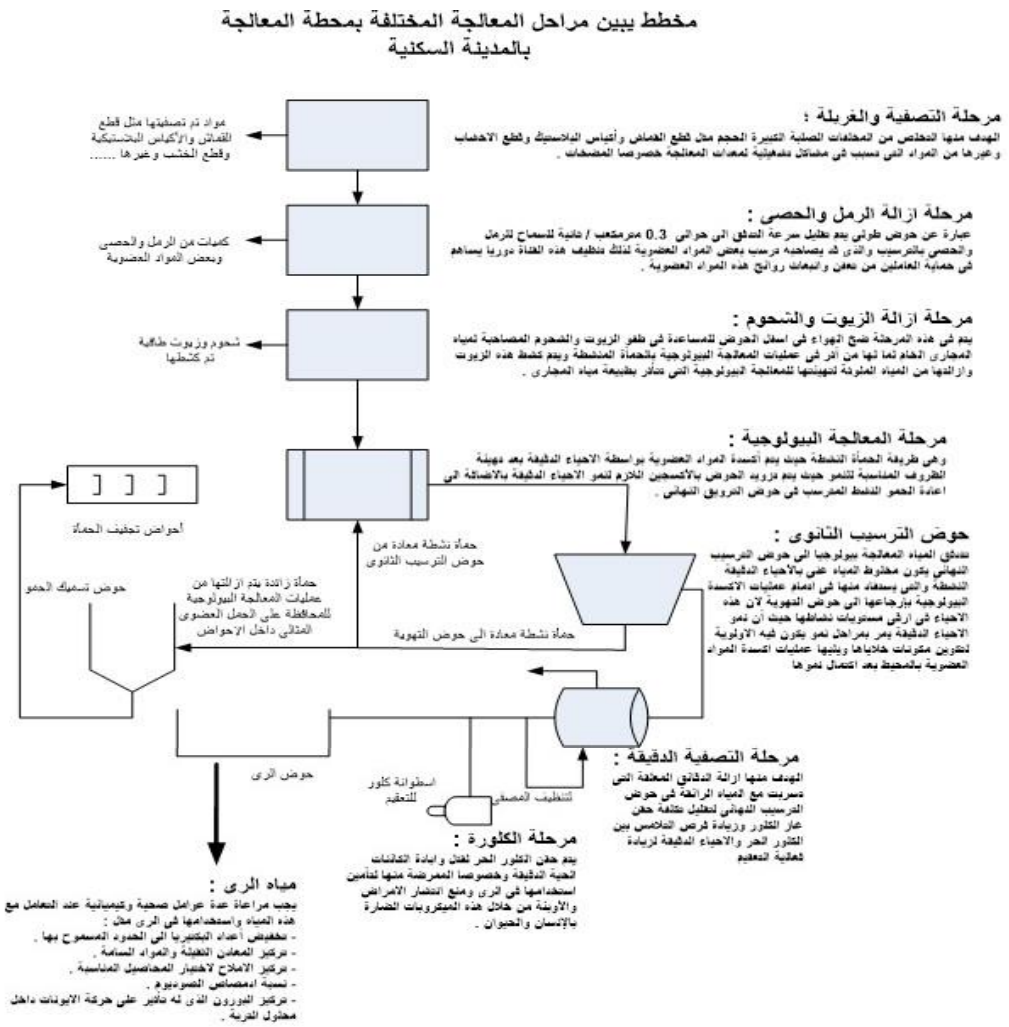
- **مياه الصرف الصحي:** وتتكون مياه الصرف الصحي من المياه المستعملة في أحواض الحمام وغسيل الأيدي والملابس والمراحيض وأحواض المطبخ والأجهزة الأخرى، ويتضح من ذلك نوعية الشوائب في هذه المياه، وهي مخلفات الطعام والمياه التي يخرجها الجسم، بالإضافة إلى المواد الناتجة من الاستحمام ونظافة الأواني والأرضية وأعمال النظافة الأخرى وبعض المرافق الخدمية الأخرى.

- **مياه الصرف الزراعي:** هي المياه الناتجة عن الأنشطة الزراعية المختلفة وذلك عند استعمال الري المكثف في الزراعة، وتربية الحيوانات. حيث تحتوي هذه المياه على مواد عضوية يمكن تحللها بسهولة ولا تشكل خطراً على البيئة لو تم اختيار الطريقة المثلى لعمليات المعالجة مثل إعادة المواد إلى الدورة الطبيعية لها عن طريق استعمالها في الزراعة (الهيئة العامة للبيئة،1998).

ثالثاً: محطة معالجة مياه الصرف الصحي رأس لانوف:

تقع هذه المحطة في الجهة الغربية للمدينة السكنية أسفل منسوب المدينة بقليل، وتم تشغيل هذه المحطة في 1984م لتعمل بنظام الحمأة المنشطة وبسعة تصميمية تقدر بحوالي 9000 م^3/يوم وذلك لاستقبال مياه الصرف الصحي للمدينة السكنية الناتجة عن الأنشطة اليومية لحوالي 40 ألف نسمة تقطن هذه المدينة، وتعتبر هذه المياه ذات جودة مقبولة جداً خصوصاً

في غياب المرافق التي تساهم في ارتفاع نسب التلوث كالمصانع والورش وغسيل السيارات وما شابه ذلك. ويقدر معدل التدفق الحالي لمياه الصرف في المحطة بحوالي 7200 م^3/يوم، ويتغير هذا التدفق من وقت لآخر في اليوم وباختلاف فصول السنة. وتم تصميم هذه المحطة معالجة مياه الصرف بالمدينة السكنية ليتم إزالة حوالي 85%-90% من طلب الاكسجين الحيوي BODوكذلك الحال بالنسبة للمواد العالقة من مياه الصرف الصحي. وتحتوي مياه الصرف الصحي التي تنتج من المدينة السكنية رأس لانوف على حمل عضوي من النوع الموجود عادة في مجاري البلديات، وهذا يعني ان معظم المركبات العضوية الذائبة يمكن إنقاصها بيولوجيا ويمكن إزالة الاجزاء الصلبة ميكانيكياً.



شكل (2) مراحل المعالجة بمحطة الصرف الصحي رأس لانوف

رابعاً: إعادة استخدام مياه الصرف الصحي بالمدينة:

بالنسبة لمياه الصرف الصحي المعالجة من محطة معالجة مياه الصرف الصحي بمدينة رأس لانوف تعتبر ذات جودة عالية ومطابقة للمواصفات والمعايير المحلية والعالمية لمياه الصرف الصحي، وذلك لسببين جوهريين أولهما خلو مدينة رأس لانوف من أي مصانع أو ورش أو محطات غسيل سيارات أو ما شابه ذلك، وثانيهما كفاءة محطة المعالجة في معالجة هذه المياه؛ لذلك تم اعادة استخدام هذه المياه المعالجة في ري المسطحات الخضراء والمتنزهات بالمدينة السكنية وري أشجار الحزام الأخضر حول المدينة لمنع زحف الرمال على المدينة، وكذلك تم استخدامها في ري أشجار الغابات وبعض الأشجار المثمرة كالنخيل والزيتون بالمزرعة بمدينة رأس لانوف.

الدراسة الميدانية وإجراءاتها:

أولاً: جمع العينات:

تم أخذ العينات بصفة دورية على فترتين مختلفتين خلال سنة 2019 وذلك تفادياً لبعض الاختلافات المتمثلة في التدفق ودرجة الحرارة وبعض الظروف التشغيلية الأخرى حيث تم أخذ عينتان اسبوعيتان عشوائياً على مدى 3 أشهر خلال الفترة الأولى (يناير، فبراير، مارس 2019)، وكذلك الفترة الثانية (يوليو، اغسطس، سبتمبر2019) حيث بلغ عدد العينات المأخوذة من المحطة خلال فترتي الدراسة 89 عينة كما هو موضح بالجداول (1.3) ومن ثم تم إجراء الاختبارات المطلوبة عليها مباشرة في مختبرات تحاليل المياه ومختبرات القياسات والتحاليل البيئية بشركة رأس لانوف وتم أخذ متوسط نتائج الاختبارات لكل شهر.

جدول (1) أخذ عينات مياه الصرف الصحي رأس لانوف

أخذ العينات	الأسبوع الأول	الأسبوع الثاني	الأسبوع الثالث	الأسبوع الرابع	عدد العينات
يناير	**4***	**4**	**4**	**4**	**16**
فبراير	4	4	2	4	14
مارس	4	4	4	4	16
يوليو	4	4	4	2	14
اغسطس	4	4	4	4	16
سبتمبر	2	4	3	4	13
المجموع الكلي للعينات المأخوذة من محطة معالجة مياه الصرف الصناعي رأس لانوف					89

*- في كل اسبوع 4 عينات 2 عينة للمياه الداخلة +2عينة للمياه الخارجة من المحطة

ثانياً: إعداد العينات:

- تم أخذ العينات في قنينات من البولي اثيلين تم غسلها جيداً بحمض الهيدروكلوريك ثم غسلت بعد ذلك بماء الصنبور ثم بالماء المقطر.
- وتم غسل قنينة العينة مرتين او ثلاثة بمياه العينة المراد تجميعها.
- تم أخذ حجم العينة المطلوبة على عدد التحاليل المراد تعيينها وبصفة عامة 2 لتر لتكون كافية لتقدير التحاليل المطلوبة.

ثالثاً: المعاملات التي تم قياسها في مياه الصرف بمدينة رأس لانوف:

أ- **الاختبارات الطبيعية:**

- درجة الحرارة.
- التوصيل الكهربائي (E.C)(Electrical Conductivity).
- المواد الصلبة العالقة TSS.

ب- **الخواص الكيميائية:**

- الأس الهيدروجيني (pH).
- النيتروجين.
- الفسفور.
- الكبريتيد.
- تركيز المعادن الثقيلة.
- الزيوت والدهون والشحوم.
- الفينول.
- طلب الأكسجين الحيوي BOD Biochemical Oxygen Demand.
- طلب الأكسجين الكيميائي Chemical Oxygen Demand COD.
- اختبارات بكتيريولوجية.
- بكتيريا القولون (Total Coli form) (APHA, 1995).

رابعاً: التحليل الاحصائي: تم استخدام برنامج التحليل الاحصائي (SPSS) وكذلك باستخدام برنامج (Excel) في التمثيل البياني للكميات والنسب لمعظم البينات والنتائج التي تم ايجادها وتحليلها.

خامساً: كفاءة المحطة:

وتم تحديد كفاءة لمعالجة بمحطة معالجة مياه الصرف الصحي برأس لانوف بدلالة BOD_5 ,TSS ,COD عن طرق المعادلة الاتية:

$$\text{الكفاءة} = \frac{100*\left(\text{الخارجة } BOD_5 - \text{الداخلة } BOD_5\right)}{\text{الداخلة } BOD_5}$$

$$\text{الكفاءة} = \frac{100*\left(\text{الخارجة COD} - \text{الداخلة COD}\right)}{\text{الداخلة COD}}$$

$$\text{الكفاءة} = \frac{100*\left(\text{الخارجة TSS} - \text{الداخلة TSS}\right)}{\text{الداخلة TSS}}$$

النتائج والتوصيات:

أولاً: نتائج التحاليل:

- **نتائج تحاليل مياه الصرف الصحي قبل المعالجة:** خلال فترتي الدراسة (يناير، فبراير، مارس- يوليو، اغسطس، سبتمبر2019). تم اجراء الاختبارات على المياه الداخلة والخارجة للمحطة بواقع 4 عينات أسبوعية عشوائياً على مدى 3 أشهر خلال الفترة الأولى (يناير، فبراير، مارس 2019) والفترة الثانية (يوليو، اغسطس، سبتمبر2019) ومن ثم تم أخذ متوسط نتائج الاختبارات لكل شهر خلال فترتي الدراسة كانت النتائج كما هو موضح بالجدول رقم (2.4) كالاتي: سجل أعلى تدفق للمياه الداخلة للمحطة خلال شهر اغسطس حيث كان 7350 م^3/يوم وكان أقل تدفق خلال شهر يناير حيث كان 7190م^3/يوم، وسجلت أعلى درجة حرارة للمياه الداخلة للمحطة خلال شهر اغسطس حيث كانت 25.50 درجة مئوية وأقل درجة حرارة خلال شهر يناير حيث كانت 23.00 درجة مئوية، وسجل أعلى معدل للرقم الهيدروجيني pH للمياه خلال شهر أغسطس حيث كان 7.90 وأقل معدل كان خلال شهر يناير حيث كان 7.70، وسجلت أعلى قيمة للتوصيلية الكهربائية Conductivity خلال شهر يوليو حيث كانت 2225 µs وأقل قيمة خلال شهر يناير حيث كانت 1924 µs، وسجل أعلى تركيز للنيتروجين خلال شهر يوليو حيث كان 30.20 ملجم/لتر وأقل تركيز خلال شهر يناير حيث كان 25.40 ملجم/لتر، وسجل أعلى تركيز للفوسفور خلال شهر سبتمبر حيث كان 8.90 ملجم/لتر وأقل تركيز سجل خلال شهر يناير حيث كان 7.90 ملجم/لتر، وسجلت أعلى قيمة لطلب الأكسجين الكيميائيCOD خلال شهر يوليو حيث كانت 736 ملجم/لتر، وأقل قيمة سجلت خلال شهر يناير حيث كانت 687 ملجم/لتر، وسجلت أعلى قيمة لطلب الأكسجين الحيوي BOD خلال شهر يوليو حيث كانت 289 ملجم/لتر وسجلت أقل قيمة خلال شهر فبراير حيث كانت 261 ملجم/لتر، وأعلى تركيز سجل لمجموع المواد الصلبة العالقة TSS كان خلال شهر يوليو حيث كان 412 ملجم/لتر وأقل تركيز سجل خلال شهر فبراير حيث كان 385ملجم/لتر.

جدول (2) متوسط نتائج تحاليل مياه الصرف الصحي قبل المعالجة خلال فترة الدراسة (2019)

Analysis	unit	متوسط نتائج يناير	متوسط نتائج فبراير	متوسط نتائج مارس	متوسط نتائج يوليو	متوسط نتائج اغسطس	متوسط نتائج سبتمبر	المتوسط الكلي للنتائج	الانحراف المعياري
Flow rate	m^3/d	1907	2307	2072	9072	3507	3207	7267	62.80
Temp.	°c	23.00	23.50	24.30	24.50	25.50	25.20	24.35	1.00
pH	-	7.70	7.8	7.8	7.8	7.9	7.8	7.80	0.10
Cond.	µs	1924	9820	2211	2225	2133	2569	2194	213.40
BOD	mg/l	276	126	327	289	286	281	827	10.10
COD	mg/l	768	692	689	673	906	671	270	19.90
T.N	mg/l	25.40	30.10	27.80	30.20	29.20	529.5	28.80	1.80
T. P	mg/l	7.90	8.20	8.10	8.50	8.30	9.80	8.50	0.70
TSS	mg/l	339	385	389	412	738	638	392	10.20
$R.CL_2$	mg/l	/	/	/	/	/	/	/	

T.Coliform MPN/100ML	MPN/100ml	/	/	/	/	/	/	/	

جدول (3) متوسط نتائج تحاليل مياه الصرف الصحي بعد المعالجة خلال فترة الدراسة (2019)

analysis	unit	متوسط نتائج يناير	متوسط نتائج فبراير	متوسط نتائج مارس	متوسط نتائج يوليو	متوسط نتائج اغسطس	متوسط نتائج سبتمبر	المتوسط الكلي للنتائج	الانحراف المعياري	المواصفات التشغيلية للمحطة
Flow rate	m^3/d	5240	5250	5250	5350	5400	5290	5297	65.00	-
Temp.	°c	22.50	23.00	23.30	24.50	26.00	50.52	24.20	1.40	-
pH	-	7.60	70.7	7.70	75.7	70.7	70.7	7.70	0.00	6-9
Cond.	µs	2471	9971	8841	8291	5991	8091	1894	112.60	-
BOD	mg/l	28	30	27	29	28	32	29	1.80	40
COD	mg/l	73	73	70	74	72	74	73	1.50	120
T.N	mg/l	7.90	8.80	8.50	8.30	8.30	9.80	8.60	0.70	30
T. P	mg/l	2.90	2.80	2.80	3.30	2.90	80.3	3.10	0.40	20
TSS	mg/l	10.70	11.20	11.50	11.30	11.50	12.40	11.40	0.60	45
$R.CL_2$	mg/l	0.30	0.28	0.29	0.27	0.28	0.29	0.29	0.00	0.2-0.5
T.Coliform MPN/100ML	MPN/100ml	712	725	725	730	785	815	749	41.00	10^3/100ml

- **نتائج تحاليل مياه الصرف الصحي بعد المعالجة:** خلال فترتي الدراسة (يناير، فبراير، مارس- يوليو، اغسطس، سبتمبر2019). كان متوسط نتائج الاختبارات لكل شهر خلال فترتي الدراسة كما هو موضح بالجدول رقم (3.4) كالاتي: سجل أعلى تدفق للمياه الخارجة من المحطة خلال شهر أغسطس حيث كان 5400 م^3/يوم وكان أقل تدفق خلال شهر فبراير حيث كان 5240م^3/يوم، وسجلت أعلى درجة حرارة للمياه الخارجة من المحطة خلال شهر أغسطس حيث كانت 26.00 درجة مئوية وأقل درجة حرارة خلال شهر يناير حيث كانت 22.50 درجة مئوية، وسجل أعلى معدل للرقم الهيدروجيني pH للمياه خلال شهر أغسطس حيث كان 7.75 وأقل معدل كان خلال شهر يناير حيث كان 7.60، وسجلت أعلى قيمة للتوصيلية الكهربائية Conductivity خلال شهر يوليو حيث كانت 1982 µs وأقل قيمة سجلت خلال شهر يناير حيث كانت 1724µs، وسجل أعلى تركيز للنيتروجين خلال شهر سبتمبر حيث كان 9.80 ملجم/لتر وأقل تركيز خلال شهر يناير حيث كان 7.90 ملجم/لتر، وسجل أعلى تركيز للفوسفور خلال شهر يناير حيث كان 3.80 ملجم/لتر وأقل تركيز سجل خلال شهر فبراير ومارس حيث كان 2.80 ملجم/لتر، وسجلت أعلى قيمة لطلب الأكسجين الكيميائيCOD خلال شهر يوليو وسبتمبر حيث كانت 74 ملجم/لتر وأقل قيمة سجلت خلال شهر مارس حيث كانت 70 ملجم/لتر، وسجلت أعلى قيمة لطلب الأكسجين الحيوي BOD خلال شهر سبتمبر حيث كانت 32 ملجم/لتر وسجلت أقل قيمة خلال شهر مارس حيث كانت 27 ملجم/لتر، وسجل أعلى تركيز للكلور المتبقي $R.cL_2$ خلال شهر يناير حيث كان 0.30 ملجم/لتر وأقل.

- تركيز سجل خلال شهر يوليو حيث كان 0.27 ملجم/لتر، وأعلى تركيز سجل لمجموع المواد الصلبة العالقة TSS كان خلال شهر سبتمبر حيث كان 12.40 ملجم/لتر وأقل تركيز سجل خلال شهر يناير حيث كان 10.70 ملجم/لتر وسجل

أعلى تركيز T. Coliform في المياه الخارجة من المحطة خلال يوليو حيث كان 785 MPN/100ML وأقل تركيز سجل خلال يناير حيث كان 712 MPN/100M.

- تم اجراء تحاليل على تركيز بعض العناصر الثقيلة لمياه الصرف الصحي المعالجة خلال شهر يناير سبتمبر 2019م وكانت نتائج التحاليل كالاتي كما هو موضح بالجدول رقم (4.4): كان تركيز الPb في شهر يناير 0.03 ملجم/لتر، وفي شهر سبتمبر 0.04 ملجم/لتر، وكان تركيز الـ Cr في شهر يناير 0.05 ملجم/لتر وفي شهر سبتمبر 0.08 ملجم/لتر، وكان تركيز الـ Cd في شهر يناير 0.004 ملجم/لتر وفي شهر سبتمبر 0.004 ملجم/لتر، وكان تركيز عنصر ال Ni في شهر يناير 0.01 ملجم/لتر وفي شهر سبتمبر 0.03 ملجم/لتر.

جدول (4) نتائج تحليل تركيز المعادن الثقيلة في مياه الصرف الصحي المعالجة خلال فترة الدراسة

Analysis mg/l	متوسط نتائج تحاليل المياه (يناير)	متوسط نتائج تحاليل المياه (سبتمبر)	متوسط نتائج التحاليل	المواصفات التشغيلية للمحطة
Pb	0.03	0.04	0.03	2.00
Cr	0.05	0.08	0.07	0.10
Cd	0.004	0.004	0.004	0.01
Ni	0.01	0.03	0.02	0.20

جدول (5) مقارنة بين متوسط نتائج تحاليل مياه الصرف الصحي قبل وبعد المعالجة خلال فترة الدراسة (2019)

analysis	unit	متوسط نتائج تحاليل المياه قبل المعالجة فصل الشتاء	متوسط نتائج تحاليل المياه قبل المعالجة فصل الصيف	متوسط نتائج تحاليل المياه قبل المعالجة	متوسط نتائج تحاليل المياه بعد المعالجة فصل الشتاء	متوسط نتائج تحاليل المياه بعد المعالجة فصل الصيف	متوسط نتائج تحاليل المياه بعد المعالجة	المواصفات التشغيلية للمحطة
Flow rate	m^3/d	1372	7320	7266	5247	5347	5297	-
Tem.	°c	23.60	25.10	24.35	23.10	25.30	24.20	-
pH	-	7.8	7.8	7.80	70.7	7.70	7.70	6-9
Cond.	µs	2078	2309	2194	1802	1986	1894	-
BOD	mg/l	270	285	827	28	30	29	40
COD	mg/l	689	714	270	72	73	73	120
T.N	mg/l	27.80	29.70	28.80	8.40	8.80	8.60	30
T. P	mg/l	8.10	8.90	8.50	2.8	3.30	3.10	20
TSS	mg/l	389	539	392	11.10	11.70	11.40	45
$R.CL_2$	mg/l	/	/	/	0.29	0.28	0.29	0.2-0.5
T. Coliform MPN/100ML	MPN/100ml	/	/	/	721	777	749	10^3/100ml

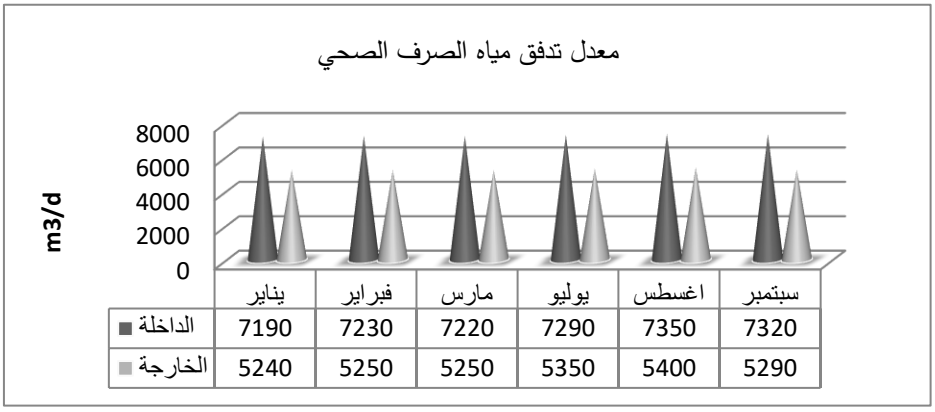
جدول (6) مقارنة بين متوسط نتائج تحاليل مياه الصرف الصحي قبل وبعد المعالجة خلال فترة الدراسة (2019)

analysis	unit	متوسط نتائج التحاليل لمرحلة المعالجة الأولية			متوسط نتائج التحاليل لمرحلة المعالجة الثانوية			متوسط نتائج التحاليل لمرحلة المعالجة المتقدمة		
		متوسط نتائج تحاليل المياه الداخلة	متوسط نتائج تحاليل المياه الخارجة	كفاءة المعالجة %	متوسط نتائج تحاليل المياه الداخلة	متوسط نتائج تحاليل المياه الخارجة	كفاءة المعالجة %	متوسط نتائج تحاليل المياه الداخلة	متوسط نتائج تحاليل المياه الخارجة	كفاءة المعالجة %
Flow rate	m^3/d	7266	5560	/	5560	5320	/	5320	5297	/
Tem.	°c	24.35	24.00	/	24.00	23.5	/	23.50	24.20	/
pH	-	7.80	7.60	/	7.60	7.70	/	7.70	7.70	/
Cond.	µs	2194	2089	/	2089	1910	/	1910	1894	/
BOD	mg/l	827	220	20	220	81	63	81	29	64
COD	mg/l	270	670	4.50	670	231	66	231	73	68
T.N	mg/l	28.80	25.90	10	25.90	9.20	64	9.20	8.60	6.5
T. P	mg/l	8.50	7.90	5.90	7.90	3.90	50	3.90	3.10	21
TSS	mg/l	392	290	26	290	17.30	94	17.30	11.40	34
$R.CL_2$	mg/l	/	/	/	/	/	/	/	0.29	/
T.Coliform	MPN/100ml	/	/	/	/	/	/	/	749	/

ثانياً: مناقشة النتائج:

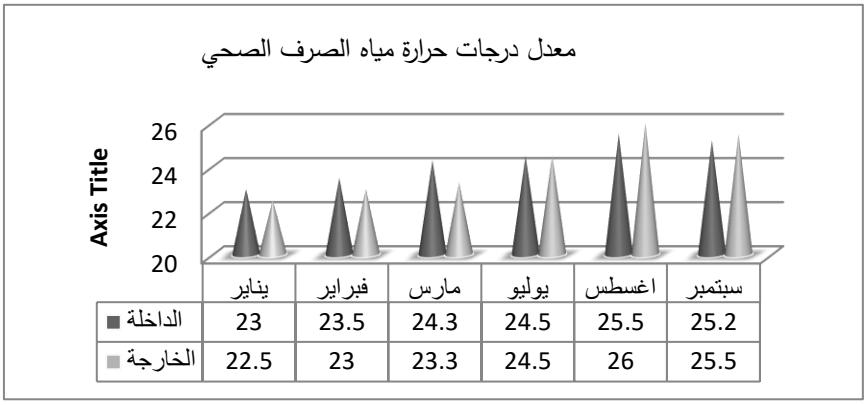
- **مناقشة نتائج تحاليل مياه الصرف الصحي:**

- **التدفق:** إن معدل تدفق المياه الداخلة للمحطة متغير من وقت إلى آخر حسب أوقات النهار وفصول السنة، وكانت قيم تدفق المياه الداخلة تتراوح بين7190-7350 م3/يوم، اما بالنسبة لتدفق المياه الخارجة فيعتبر مستقر نسبياً وذلك لانتظام عمليات المعالجة في المحطة وكانت القيم تتراوح بين 5240 - 5400 م3/يوم.



شكل (3) منحنى معدل تدفق مياه الصرف الصحي بمدينة رأس لانوف

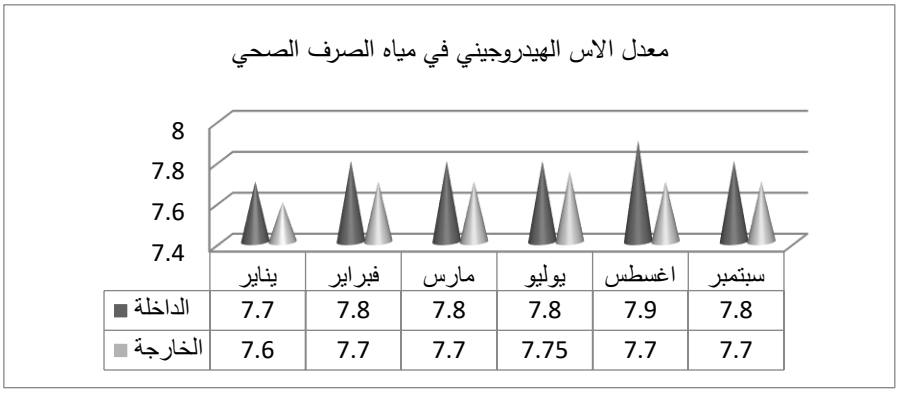
- **الحرارة:** إن درجات الحرارة تتغير حسب الظروف المناخية فدرجات الحرارة كانت منخفضة بعض الشيء خلال الفترة الأولى من الدراسة (يناير، فبراير، مارس) مقارنة بالفترة الثانية من الدراسة (يوليو، اغسطس، سبتمبر)، وكانت تتراوح بين23.00 -25.50 درجة مئوية، أما درجات حرارة المياه الخارجة من المحطة فكانت في المعدلات الطبيعية لمياه الصرف الصناعي ولم تتجاوز الحد المسموح به لمياه الصرف الصحي المعالجة حيث كانت تتراوح بين 22.50-26.00 درجة مئوية.



	يناير	فبراير	مارس	يوليو	اغسطس	سبتمبر
الداخلة	23	23.5	24.3	24.5	25.5	25.2
الخارجة	22.5	23	23.3	24.5	26	25.5

شكل (4) منحنى معدل درجة حرارة مياه الصرف الصحي بمدينة رأس لانوف

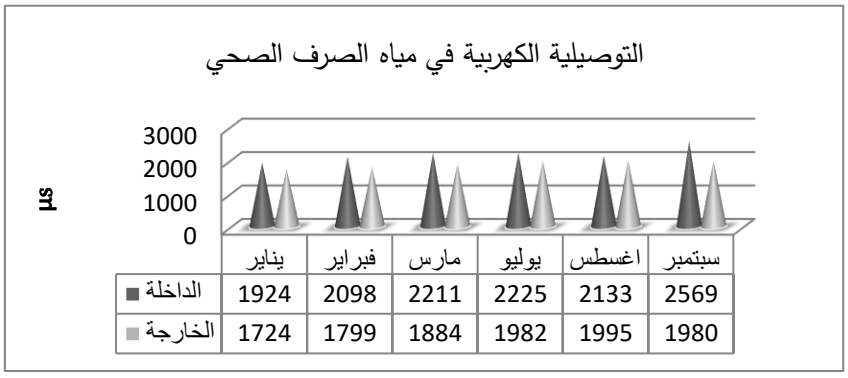
- **الأس الهيدروجيني pH:** يوضح الشكل (3.4) ومن خلال نتائج التحاليل التي اجريت على الاس الهيدروجيني لمياه الصرف الصحي لوحظ ان قيمة الأس الهيدروجيني تعتبر مستقرة بالنسبة للمياه الداخلة للمحطة، وكانت تتراوح بين7.70-7.90 أما المياه الخارجة فان قيمة الاس الهيدروجيني كانت ثابتة بشكل ملحوظ وتعتبر ضمن حدود المواصفات المحلية والعالمية لمياه الصرف الصحي ولم تتجاوز الحد المسموح به لمياه الصرف الصحي المعالجة فكانت تتراوح بين 7.60-7.75 وذلك نظراً لكفاءة عمليات المعالجة في تعديل قيم الأس الهيدروجيني والذي يعتبر ذا أهمية في عمليات المعالجة البيولوجية.



	يناير	فبراير	مارس	يوليو	اغسطس	سبتمبر
الداخلة	7.7	7.8	7.8	7.8	7.9	7.8
الخارجة	7.6	7.7	7.7	7.75	7.7	7.7

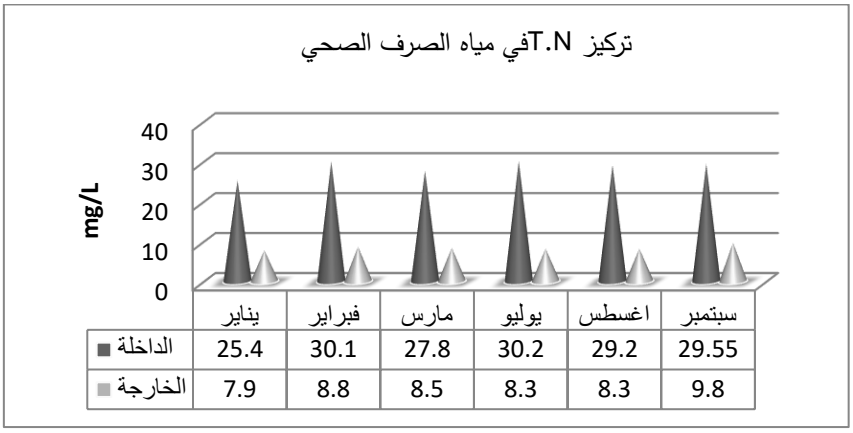
شكل (5) منحنى معدل قيمة pH في مياه الصرف الصحي بمدينة رأس لانوف

- **الموصلية الكهربائية:** يوضح الشكل (5.4) إن الموصلية الكهربائية لمياه الصرف الصحي بها بعض الاختلافات في القيم ويعزى ذلك لطبيعة مياه الصرف الناتجة من المصانع ونسبة الاملاح الناتجة من العمليات التشغيلية وكانت تتراوح بين 1924- 2225µs، وكانت قيم التوصيلية الكهربائية للمياه الخارجة من المحطة ضمن المواصفات التشغيلية للمحطة والمواصفات العالمية لمياه الصرف الصحي ولم تتجاوز الحد المسموح به لمياه الصرف الصحي المعالجة 2000µs حيث كانت تتراوح بين 1364- 1438 µs.



شكل (6) منحنى معدل قيمة Cond في مياه الصرف الصحي بمدينة رأس لانوف

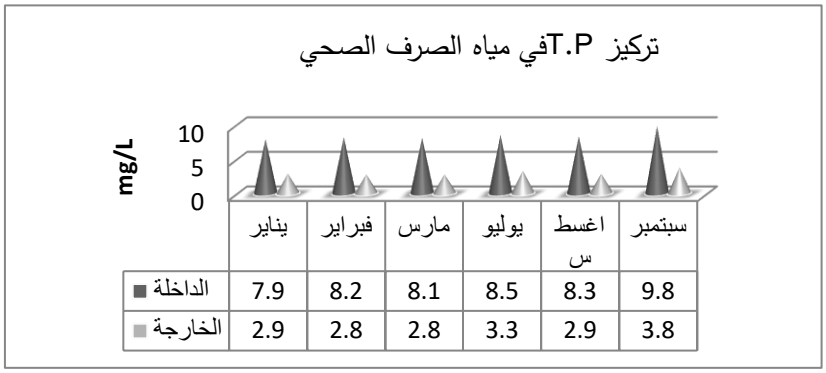
- **النيتروجين:** يوضح الشكل (6.4) إن تركيز النيتروجين في مياه الصرف الداخلة للمحطة كانت متذبذبة من شهر لشهر تبعا لطبيعة مياه الصرف والظروف التي تمر بها وكانت تتراوح بين 25.40-30.20 ملجم/لتر اما تركيز النيتروجين في مياه الصرف الخارجة من المحطة فكانت ضمن المواصفات التشغيلية والمواصفات العالمية لمياه الصرف الصحي ولم تتجاوز الحد المسموح به لمياه الصرف الصحي المعالجة 30ملجم/لتر حيث كانت 7.90-9.80 ملجم/لتر.



شكل (7) منحنى معدل تركيزT.N في مياه الصرف الصحي بمدينة رأس لانوف

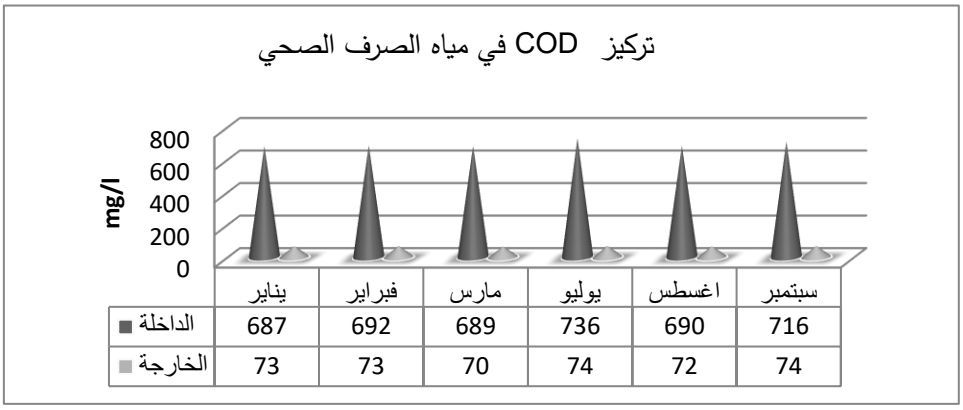
- **الفوسفور:** إن تركيز الفوسفور في مياه الصرف الداخلة للمحطة كانت متذبذبة تبعاً لطبيعة مياه الصرف والظروف التشغيلية لعملية المعالجة، وكانت تتراوح بين 7.90-8.90 ملجم/لتر اما تركيز الفوسفور في مياه الصرف

الخارجة من المحطة فكانت ضمن المواصفات التشغيلية والمواصفات العالمية لمياه الصرف الصحي ولم تتجاوز الحد المسموح به لمياه الصرف الصحي المعالجة 20 ملجم/لتر حيث كانت 2.80-3.80 ملجم/لتر.



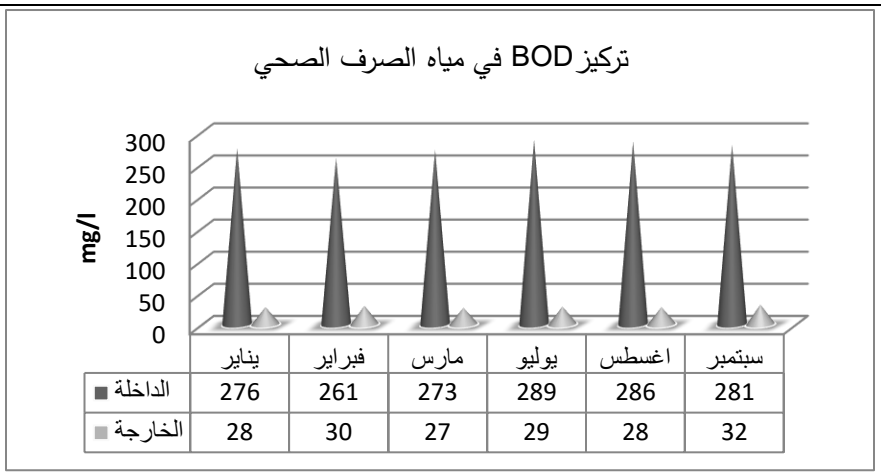
شكل (8) منحنى معدل تركيزT.P في مياه الصرف الصحي بمدينة رأس لانوف

- **طلب الأكسجين الكيميائي COD:** يوضح الشكل (8.4) لنتائج التحاليل التي أُجريت على ال COD لمياه الصرف الصحي إن تركيز COD تتغير من وقت لآخر تبعاً لطبيعة مياه الصرف والظروف التشغيلية لعمليات المعالجة بالمحطة، وكانت تتراوح قيم تراكيز الCOD للمياه الداخلة للمحطة ما بين 687 - 736 ملجم/لتر، أما المياه الخارجة فإن الCOD كانت ضمن حدود المواصفات المحلية والعالمية لمياه الصرف الصحي ولم تتجاوز الحد المسموح به لمياه الصرف. الصحي المعالجة 120 ملجم/لتر، فكانت تتراوح بين 70-74 ملجم/لتر.



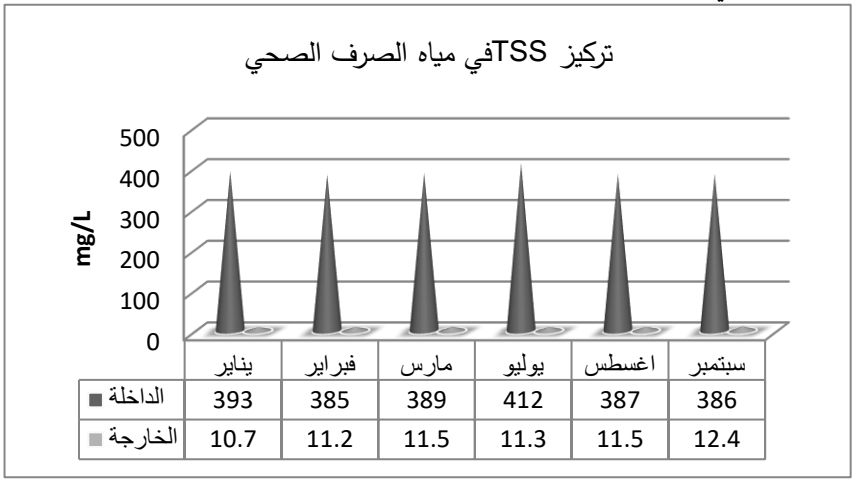
شكل (9) منحنى معدل تركيزCOD في مياه الصرف الصحي بمدينة رأس لانوف

- **طلب الأكسجين الحيوي BOD**: يوضح الشكل (9.4) لنتائج التحاليل التي أُجريت على ال BOD لمياه الصرف الصحي ان تركيز ال BOD تتغير من وقت لآخر بالنسبة للمياه الداخلة للمحطة تبعاً لطبيعة مياه الصرف والظروف التشغيلية لعملية المعالجة ويعتبر ال BOD المؤشر الرئيسي لكفاءة عمليات المعالجة في محطات الصرف الصحي، وكانت تتراوح قيم تراكيز الBOD للمياه الداخلة للمحطة ما بين 687 - 736 ملجم/لتر، أما المياه الخارجة فإن الBOD كانت ضمن حدود المواصفات المحلية والعالمية لمياه الصرف الصحي ولم تتجاوز الحد المسموح به لمياه الصرف الصحي المعالجة 40 ملجم/لتر، فكانت تتراوح بين 27-32 ملجم/لتر وكانت كفاءة المحطة في معالجة ال BOD تصل الى حوالي 89%.



شكل (10) منحنى معدل تركيز BOD في مياه الصرف الصحي بمدينة رأس لانوف

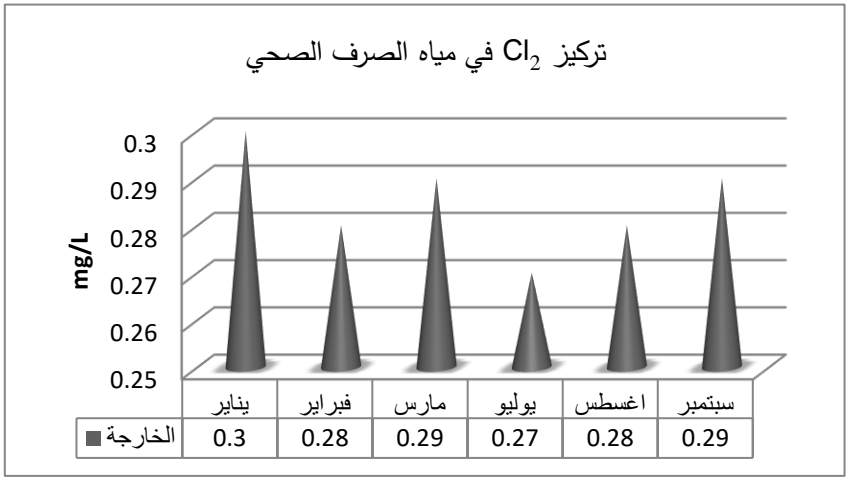
- **كمية المواد الصلبة العلقة TSS:** يوضح الشكل (10.4) لنتائج التحاليل التي أُجريت على ال TSS لمياه الصرف الصحي إن تركيز TSS في مياه الصرف كانت في المعدلات الطبيعية وتختلف من وقت لآخر تبعاً لطبيعة المياه الداخلة للمحطة والظروف التشغيلية لعمليات المعالجة ويعتبر الTSS مؤشر مهم في معرفة كفاءة عمليات المعالجة في محطات الصرف الصحي، وكانت تراكيز ال TSS للمياه الداخلة تتراوح بين 385-412 ملجم/لتر أما تركيز TSS في مياه الصرف الخارجة من المحطة فكانت ضمن المواصفات التشغيلية والمواصفات العالمية لمياه الصرف الصحي ولم تتجاوز الحد المسموح به لمياه الصرف الصحي المعالجة 45 ملجم/لتر حيث كانت تتراوح من 10.70-12.40 ملجم/لتر، وكانت كفاءة المحطة في معالجة الTSS حوالي 97%.



شكل (11) منحنى معدل تركيزTSS في مياه الصرف الصحي بمدينة رأس لانوف

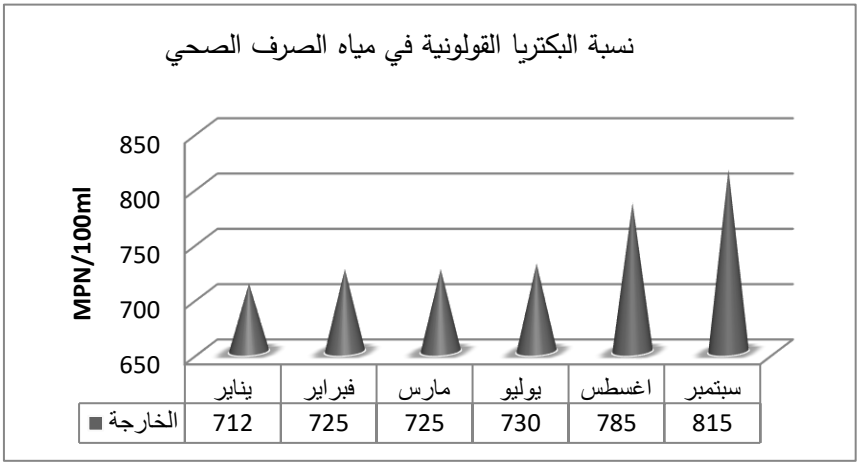
- **نسبة الكلور المتبقي:** يوضح الشكل (11.4) لنتائج التحاليل التي أُجريت على نسبة الكلور المتبقي لمياه الصرف الصحي إن تركيز الكلور المتبقي في مياه الصرف كانت في المعدلات الطبيعية وتختلف من وقت لآخر تبعاً للظروف التشغيلية لعمليات المعالجة ويعتبر الكلور المتبقي مؤشر مهم في كفاءة عملية المعالجة في القضاء على البكتريا والكائنات

الدقيقة الاخرى في مياه الصرف وكانت تركيز الكلور المتبقي في مياه الصرف الخارجة من المحطة ضمن المواصفات التشغيلية والمواصفات العالمية لمياه الصرف الصحي ولم تتجاوز الحد المسموح به لمياه الصرف الصحي المعالجة 0.2-0.5 ملجم/لتر حيث كانت تتراوح من 0.27-0.30 ملجم/لتر.



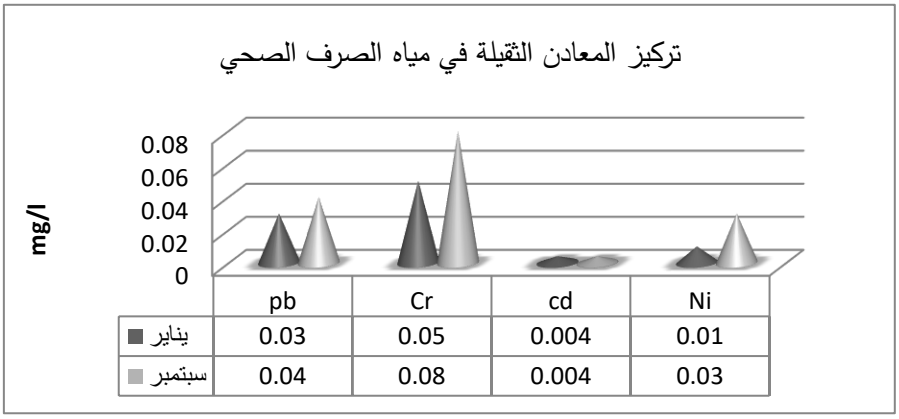
شكل (12) منحنى معدل تركيز الكلور المتبقي في مياه الصرف الصحي بمدينة رأس لانوف

- **تركيز البكتريا القولونية:** يوضح الشكل (12.4) لنتائج التحاليل التي أُجريت على نسبة تركيز البكتريا القولونية لمياه الصرف الصحي إن تركيز تركيز البكتريا القولونية في مياه الصرف كانت في المعدلات الطبيعية وتختلف من وقت لأخر تبعاً للظروف التشغيلية لعمليات المعالجة ويعتبر تركيز البكتريا القولونية مؤشر مهم في كفاءة عملية المعالجة بالكلور في القضاء على البكتريا والكائنات الدقيقة الأخرى في مياه الصرف وكان تركيز البكتريا القولونية في مياه الصرف الخارجة من المحطة ضمن المواصفات التشغيلية والمواصفات العالمية لمياه الصرف الصحي ولم تتجاوز الحد المسموح به لمياه الصرف الصحي المعالجة 10^3/100ml حيث كانت تتراوح من 712-785 / 100ml.



شكل (13) منحنى معدل نسبة البكتريا القولونية في مياه الصرف الصحي برأس لانوف

- **تركيز المعادن الثقيلة:** يوضح الشكل (13.4) إن نسبة تراكيز المعادن الثقيلة في مياه الصرف الصحي المعالجة متباينة وذلك تبعاً لعمليات معالجة تلك المياه بمحطة المعالجة وكانت هذه القيم ضمن المواصفات التشغيلية للمحطة والمواصفات العالمية لمياه الصرف الصحي ولم تتجاوز الحد المسموح به في مياه الصرف الصحي المعالجة.



شكل (14) منحنى معدل تركيز المعادن الثقيلة في مياه الصرف الصحي برأس لانوف

ثالثاً: متوسط نتائج الرصد والقياس البيئي لمياه الصرف الصحي بمحطة المعالجة بمدينة رأس لانوف خلال عامي 2024-2025م:

جدول (7) نتائج تحاليل مياه الصرف الصحي بمحطة المعالجة بمدينة رأس لانوف خلال عامي 2024-2025م

عناصر الرصد والقياس	PH	Cond	TSS	Fe	NO_3	BOD	Rcl_2	T.coliform
	المواصفات القياسية الليبية رقم (770) لمياه الصرف الصحي المعالجة للاستخدام الزراعي							
وحدة القياس	value	µs/cm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	Mpn/100ml
	6-8.4	2000	45	0.5	10	30	1-5	1000≥
عام 2024م	7.3	1750	6.5	0.075	7.1	21.2	0.4	Zero
عام 2025 شهر (1،2،3،4)	7.2	1774	5	0.072	3.1	20	0.2	Zero

جميع النتائج كانت ضمن الحدود المسموح بها وفقاً للمواصفات القياسية الليبية ومطابقة للمواصفات التشغيلية لشركة رأس لانوف للنفط والغاز.

رابعاً: التوصيات Recommendations:

1- العمل على إجراء دراسات مشابهة ومتعاقبة لقياس مدى فعالية المحطة.
2- العمل على زيادة الرقعة المروية بمياه الصرف الصحي المعالجة وخاصة في (المزرعة) والحزام الاخضر لمكافحة زحف الرمال على المدينة.

3- استخدام الحمأة الصلبة الناتجة عن محطة الصرف الصحي كمواد سماديه وذلك بعد إجراء الاختبارات على هذه المواد واثبات عدم ضررها.

4- نشر الوعي البيئي بين الناس لتعريفهم بأهمية اعادة استعمال مياه الصرف المعالجة باعتبارها مصدر غير تقليدي للمياه ولما لها من مردود اقتصادي واجتماعي على الوطن وذلك من خلال تفعيل دور الاعلام في هذا الجانب.

المراجع

المراجع العربية:

الصالحين، باسم بدر 2011 دراسة لتقييم جودة المياه في منطقة جردس وما حولها، ليبيا، رسالة ماجستير غير منشورة قسم علوم وهندسة البيئة، أكاديمية الدراسات العليا بنغازي.

الطيب، جرر 1988 قياس التلوث البيئي. دار المريخ للنشر.

غرايبه. سامح 1998. المدخل الى العلوم البيئية، دار الشروق للنشر والتوزيع عمان.

القاسي، حميدة محمد 2008 تحديد مستوى النيترات في مياه الآبار الجوفية لمنطقة الكفرة، رسالة ماجستير غير منشورة أكاديمية الدارسات العليا بنغازي.

المبروك، فرج أبوبكر، 2007 التقنيات الملائمة لمعالجة مياه الصرف الصحي دراسة عرضت في مؤتمر الخبراء الليبيين الثاني بمدينة بنغازي.

الهيئة العامة للبيئة 1998 جودة مياه الشرب الجزء الثاني، المعايير الصحية ومعلومات مساعدة أخرى.

الهيئة العامة للمياه 2006 الوضع المائي في ليبيا.

المراجع الأجنبية:

Jason Dowling October 15, 2013 City Editor for The Age

APHA, 1995, Standard methods for Examination of water and waste water, 18 th edition In: A.E Greenberg, L.S. Clesceri and A.D. Eaton (Editors), publication of the American public Health Association.

UNEP, (1988). Assessment of the state of pollution of the Mediterranean Sea by petroleum hydrocarbons MAD techn, Ser.N.19, Athens.

World Health Organization (WHO), Geneva, Switzerland,1997, Guide lines for Drinking – Water Quality ,2nd editor, Vol.3, Surveillance and control of community Supplies. ISBN 9241545038.

Yahaya & Samuel. Lawal 2008 dept. of agriculture &environmental engineering University of Ibadan Nigeria.

A Study Physical Properties of '' Drinking Water'' in Al-Mujahid Neighborhood / Houn, Al-Jufra

Nawara Farhat Al-Sheikhi[1], and Abdelkarem Ramadan Mohamed[2]

Faculty of Education, University of Gulf of Sidra, Libya.

[2]Senior Environmental Specialist at Ras Lanuf Company

Abstract

This study was conducted at the Ras Lanuf wastewater treatment plant in 2019. The study investigated the treatment efficiency at the plant and the potential for utilizing the treated water. It comprised two parts: theoretical and practical. The theoretical part focused on defining wastewater, its sources, properties, components, and hazards, as well as identifying the treatment methods used at the plant (activated sludge), which is the most commonly used method in this field. The practical part explored methods for utilizing the treated water. Data related to the research problem were collected through field and office staff. This research was based on practical application, collecting samples from all stages of wastewater treatment. Tests were conducted to determine treatment efficiency and the suitability of the treated water for reuse. The following parameters were measured: flow rate, water temperature, pH, electrical conductivity, biochemical oxygen demand (BOD), chemical oxygen demand (COD), total suspended solids (TSS), total nitrogen, total phosphorus, coliform bacteria, and other parameters. The study concluded that the average results of the tests performed on wastewater from the residential city were as follows: BOD concentration for incoming water (278 mg/L) and outgoing water (29 mg/L), COD concentration for incoming water (702 mg/L) and outgoing water (73 mg/L), TSS concentration for incoming water (392 mg/L) and outgoing water (11.4 mg/L), and total nitrogen concentration for incoming water (8.50 mg/L) and outgoing water (3.10 mg/L). The inlet concentration was 28.80 mg/L, and the outlet concentration was 8.60 mg/L. The residual chlorine concentration in the outlet water was 0.29 mg/L, and the total coliform bacteria concentration was 742 µg/100 ml. The heavy metal concentrations in the outlet water were as follows: Pb (0.03 mg/L), Cr (0.07 mg/L), Cd (0.004 mg/L), and Ni (0.02 mg/L). The overall efficiency of the plant was 92%. All results were within operational specifications and compliant with Libyan environmental requirements and the World Health Organization's requirements for wastewater reuse in irrigation under specific conditions. The study demonstrated the feasibility of using the treated water from the plant for irrigating gardens and parks within the city, as well as irrigating the trees in the green belt surrounding the city to combat sand encroachment, and irrigating the forest trees on the farm west of the treatment plant.

Keywords: physical properties, Libyan standard specification, Al-Mujhahid neighborhood, drinking water, Houn

The First Scientific Conference of the Faculty of Science – Sirte University
Environmental Pollution and Challenges of Environmental Sustainability (EPESC), Oct.14, 2025

دراسة الخواص الفيزيائية لمياه الشرب بحي المجاهد / هون – الجفرة

نجمة رفه أحمد الشائب ومبروكة محمد المبروك وصفاء مسعود سالم
قسم علم النبات / كلية العلوم / جامعة الجفرة
Corresponding Author Email: najmaroffa84@gmail.com

ملخص البحث: أجريت هذه الدراسة لمعرفة الخواص الفيزيائية لمياه الشرب بحي المجاهد بهون الجفرة حيث تم تقييم جودة المياه ومقارنتها بالمواصفات القياسية الليبية، فأظهرت نتائج هذه الدراسة أن الخواص الفيزيائية أعلى من الحد المسموح به طبقاً للمواصفات القياسية الليبية. فيما عدا قيمة الأس الهيدروجيني (PH) فهي ضمن الحد المسموح به. ولهذا فأن النتائج المتحصل عليها لجميع العينات بمنطقة الدراسة لم تكن مطابقة للمواصفات القياسية الليبية الصالحة للاستهلاك البشري.

Article History:

Received: 09 March 2025

Revised: 15 May 2025

Published: 15 Novomber 2025

الكلمات المفتاحية: الخواص الفيزيائية؛ حي المجاهد؛ المواصفات القياسية الليبية؛ مياه الشرب؛ هون.

1. المقدمة

تعتبر المياه الصالحة للشرب من ضروريات حياة الكائنات الحية بما فيها الإنسان فيشكل الماء ما يربو عن ال 70% من الغلاف الجوي، والماء هو د أكثر المركبات انتشاراً في الطبيعة، وهو يغطي حوالي 4/3 من سطح الأرض. (قمر وأحمد ،2021). يعتبر شرب الماء النقي الصحي هو ابسط حقوق الإنسان، فالماء يحتوي على الكثير من العناصر المعدنية التي تمنح الجسم الصحة والقوة للإنسان، فصحة الإنسان هي أبرز ما اهتمت به منظمة الصحة العالمية (WHO) لذلك وضعت الكثير من المعايير التي تضبط جودة ماء الشرب (قباصة وآخرون، 2020). يجب أن تكون مصادر المياه المتاحة للشرب والأغراض المنزلية ذات درجة عالية من النقاء وخالية من التلوث الكيميائي والكائنات الدقيقة (Borul & Banmeru 2012).

وقد أهتم الباحثون في مجال المياه بإجراء الدراسات عليها وعلى أهم الملوثات التي تتعرض لها بفعل الأنشطة البشرية المتنوعة سواء كانت زراعية أو صناعية، فالمياه الصالحة للاستهلاك من قبل البشر والحيوانات الأخرى وتدعى بمياه الشرب في إشارة إلى استخدامها فقد تكون طبيعية، كما هو الحال في الينابيع البكر، أو الآبار ومياه الأمطار، أو قد تكون معالجة

من أجل أن تكون آمنة، وفي كلتا الحالتين يتم تقييم سلامة المياه من خلال الاختبارات التي تبحث عن الملوثات التي يمكن أن تكون ضارة (هباني وصالح، 2012). وتلعب عملية تطبيق قواعد الاصحاح البيئي والرقابة البيئية (Environmental monitoring) في مجال إدارة المياه العذبة دوراً هاماً في المحافظة على نقاوة هذه المياه وتجنب السكان والكائنات الحية مخاطر التعرض للإصابة أو العدوى بالعديد من الأمراض الناتجة عن التلوث العضوي أو ما يرافقه من نمو وانتشار للأحياء المجهرية (ميلاد و آخرون، 2012؛ Ram *et al.*, 2011).

2. مشكلة البحث:

تكمن مشكلة البحث في التعرف على أن مياه حي المجاهد بهون تحتوي على تلوث بالأحياء المجهرية البكتيرية، ودراسة العناصر الفيزيائية لمياه بالمنطقة، ومدى مطابقة نتائج هذه الدراسة مع المواصفات القياسية الليبية.

3. أهداف الدراسة:

تهدف هذه الدراسة إلى معرفة الخواص الفيزيائية لمياه الشرب ومقارنتها بالمواصفات القياسية الليبية.

4. الدراسات السابقة ذات الصلة:

تم الاعتماد في هذه البحث على العديد من الدراسات السابقة ونضع بين أيديكم أهمها، والتي ساعدت الباحثين بشكل كبير في الإحاطة بالموضوع العام ومن أهم هذه الدراسات:

رسالة ماجستير قدمها الباحث (الغانمي ،2011) بعنوان استخدام النباتات المائية أدلة حياتية على التلوث بالعناصر الثقيلة على نهر الفرات -العراق. حيث أظهرت نتائج التحليل الفيزيائي أن قيمة الأس الهيدروجيني (pH) تتراوح بين 7.2-8.7 بينما نتائج التوصيلية الكهربائية (EC) تراوحت بين 625-951 ، والمواد الصلبة الكلية (T.D.S) تجاوزت الحد المسموح به 2060 ملغم/لتر.

رسالة ماجستير قدمها الباحث (الشريفي،2014) بعنوان التلوث المحتمل لبعض العناصر الثقيلة وبعض العوامل البيئية لمياه جدول بني حسن في محافظة كربلاء -العراق. حيث شملت الدراسة قياس عدد من الخصائص الفيزيائية والكيميائية للمياه المتمثلة الأس الهيدروجيني، التوصيلية الكهربائية، المواد الصلبة الذائبة الكلية والعسرة الكلية. وحيث أظهرت نتائج الدراسة أن الأس الهيدروجيني سجل قيماً خفيفة، والتوصيلية الكهربائية سجلت قيم تراوحت بين (00.1- 521مايكروسمنز/سم)، وسجل المواد الصلبة الذائبة الكلية قيماً تراوحت بين (201-021 ملغم/لتر) .

قامت (بلق وآخرون 2019) بدراسة الخواص الفيزيائية والكيميائية لمياه الشرب المعبأة من منطقة غرب ليبيا. تم اختيار الشركات المنتجة للمياه المعبأة بواقع شركتين من كل منطقة، حيث تم تقييم جود ة تسعة أصناف من المياه المعبأة المحلية ومن ثم مقارنة النتائج مع المواصفة القياسية الليبية. أظهرت نتائج الدراسة أن مياه الشرب المعبأة في المنطقة الغربية مطابقة للمواصفة القياسية الليبية ومواصفات منظمة الصحة العالمية(WHO) ، إلا أنها كانت أقل بكثير من الحد الأدنى والأعلى المسموح به للمواصفات المعتمدة في الدراسة وهذا يؤثر سلباً على صحة الإنسان فشرب مياه بها نسبة قليلة من الأملاح تسبب مشاكل صحية عديدة منها انخفاض ضغط الدم، ارتفاع الكولسترول في الدم، هشاشة العظام، تسوس الأسنان وضعف الذاكرة وغير ذلك من الأمراض.

دراسة قامت بها (عون ،حميدة 2019) بدراسة الخصائص الفيزيائية والكيميائية لبعض أنواع مياه الشرب المعبأة المحلية، تم فيها تقييم بعض الخصائص الفيزيائية والكيميائية، لخمس عينات من مياه الشرب المعبأة المحلية والمتداولة في السوق الليبي،شملت التحاليل تحديد الاس الهيدروجيني، التوصيلية الكهربائية، العسرة الكلية ايضا تم تقدير القاعدية الكلية، اظهرت النتائج إن الخصائص التي تم قياسها للأنواع الخمسة من المياه المعبأة كانت ضمن الحدود المسموح بها بالمواصفات الليبية لمياه الشرب المعبأة في اغلب التحاليل ما عدا المواد الصلبة الذائبة كانت أقل من الحد الادنى المسموح به.

دراسة قام بها (قباصة وآخرون، 2020) تحليل الخواص الكيميائية والبيولوجية لتقييم جودة مياه الشرب المعبأة في مدينة طرابلس، ليبيا. تركزت هذه الدراسة على تحليل وتقييم جودة مياه الشرب المعبأة حيث تم اختيار 8 عينات عشوائية وأجراء التحاليل الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية وتمت مقارنة النتائج المتحصل عليها بالمواصفات القياسية الليبية لمياه الشرب المعبأة وذلك لتقييم جودة هذه العينات، حيث أوضحت نتائج التحليل أن جمع العينات كانت خالية من الميكروبات الضارة،

5. مواد وطرق البحث:

منطقة الدراسة: الجفرة تقع بين دائرتي عرض 26° و30° شمالاً وخطي طول 15° و19° شرقاً، وأن منطقة الجفرة تحيط بها عدة مرتفعات متمثلة في جبال ودان التي تشغل الناحية الشمالية والشمالية الشرقية أما الجبال السوداء فهي تشغل الجزء الجنوبي لمنطقة الجفرة، أما عن حدودها الإدارية فيحدها من الشمال سرت ومن الشرق تحدها الكفرة والواحات، وتحدها من الجنوب سبها ومرزق، ومن الغرب يحدها مزدة ووادي الشاطئ (الشركسي وآخرون، 2006). أجريت هذه الدراسة على خزان المياه بمدينة (هون/حي المجاهد) كما هو مبين في الصورة رقم 1 أدناه، للتعرف على الخواص الفيزيائية للمياه بحي المجاهد بهون ومقارنة النتائج بالمواصفات القياسية الليبية في هذه المياه خلال فصل الخريف 2024م

جمع العينات: جُمعت عينات المياه حسب الطرق المتبعة وأخذت في زجاجات وتم تعقيمها ووضع العينات للتحليل الميكروبي وأخذت عبوة أخرى للتحليل الفيزيائي ووضعت في حوافظ بها ثلج للمحافظة على صفاتها ومنع أي نشاط حيوي للعينات ونقلت إلى مختبر خاص (شركة دلتا للخدمات الفنية) في مدينة طرابلس.

الصورة 1: خريطة تبين منطقة الدراسة

6. النتائج والمناقشة

أجريت العديد من الدراسات المحلية والدولية على الخواص الفيزيائية لمياه الشرب منها دراسة قامت بها (بلق وآخرون، 2006). بعنوان دراسة الخواص الفيزيائية والكيميائية لمياه الشرب المعبأة من منطقة غرب ليبيا، وأظهرت نتائج تلك الدراسة مطابقتها للمواصفات القياسية الليبية. فيما أظهرت نتائج الدراسة الحالية تفاوت القيم المسموح بها في المواصفات القياسية الليبية.

نتائج التحليل الفيزيائي لعينة الدراسة:

قيمة الأس الهيدروجيني (PH): أظهرت نتائج الدراسة أن مياه الشرب في منطقة حي المجاهد بهون (الأس الهيدروجيني pH) في عينة الدراسة(6.9) كما هو مبين في الجدول (1) أي أنها تتراوح بين 6.5- 8.5 طبقاً للمواصفات القياسية الليبية بينما أوضحت نتائج الدراسة التي قامت بها(بلق و آخرون ،2006).أن قيمة الأس الهيدروجيني تراوحت ما بين (6.61- 7.59) و يتفق أيضاً مع دراسة(عون ،حميدة ،2019).والتي أظهرت نتائج تلك الدراسة بأن الأس الهيدروجيني يتراوح ما بين (6.8- 7.2) كان ضمن الحد المسموح به وطبقاً للمواصفات القياسية الليبية .و

بينما لا تتفق نتائج الدارسة الحالية مع الدراسة التي قم بها (قباصة وآخرون، 2020) والتي تتراوح قيمة pH 6.0-7.2 وهي أقل من الحد المسموح به حسب المواصفات القياسية الليبية.

الموصلية الكهربائية (Electrical Conductivity) أظهرت نتائج الدراسة الحالية أن قيمة الموصلية الكهربائية Electrical Conductivity EC كانت 2686 µs/cm أعلى بكثير بحيث تجاوزت الحد المسموح به طبقاً للمواصفات القياسية الليبية، فيما بينت نتائج الدراسة التي قامت بها (بلق وآخرون ،2006) أن قيمة الموصلية الكهربائية أقل من الحد المسموح به طبقاً للمواصفات القياسية الليبية وهي (69.45 -295 µs/cm). بينما أوضحت نتائج دراسة (عون وحميدة، 2019). أن قيمة الموصلية الكهربائية تراوحت بين (43- 234 µs/cm) كانت أقل من الحد الأعلى المسموح به حسب المواصفات القياسية الليبية والتي حددت القيمة 1400ppmكحد أعلى .

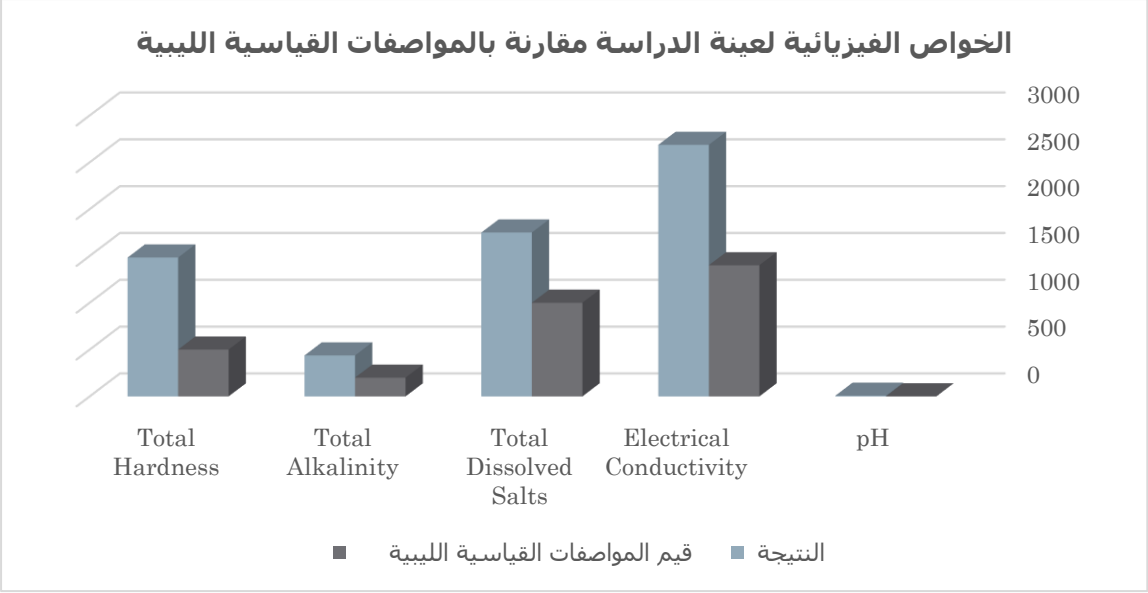
الجدول 1: نتائج التحليل الفيزيائي لعينة الماء بمنطقة الدراسة مقارنة بالمواصفات القياسية الليبية.

رقم الاختبار	الاختبار	وحدات القياس	النتيجة	قيم المواصفات القياسية الليبية
1	pH (الأس الهيدروجيني)	/	6.95	6.5-8.5
2	Electrical Conductivity (EC) الموصلية الكهربائية	µS/cm	2686	1400
3	Total Dissolved Salts (T.D.S) الأملاح الصلبة الذائبة	mg/L	1750	1000-500
4	Total Hardness (T. H) العسرة الكلية	mg/L	1483	500
5	Total Alkalinity (T.A) القاعدية الكلية	mg/L	437	200

تركيز الأملاح الصلبة الذائبة (T.D.S): أظهرت نتائج هذه الدراسة بأن قيمة الأملاح الصلبة الذائبة Total Dissolved Salts أعلى من الحد المسموح بها في المواصفات القياسية الليبية (1750mg/l). كما هو موضح بالشكل 1 وهذا يتفق مع دراسة (الغانمي،2011) والتي سجلت أعلى قيمة للأملاح الصلبة الذائبة 2060 mg/l وتتفق نتائج الدراسة الحالية مع دراسة (الشريفي ،2014) والتي تراوحت بين (480 -710 mg/l) بينما القيمة التي حددت طبقاً للمواصفات القياسية الليبية (500 mg/l).

تركيز العسرة الكلية (Total Hardness): أوضحت نتائج العسرة الكلية لمياه منطقة الدراسة بانها تجاوزت الحد المسموح به وهي (1483 mg/l) وهذه النتيجة متقاربة من دراسة (الشريفي، 2014). حيث سجلت كحد أعلى للعسرة الكلية (407.70 mg/l) بينما القيمة التي حددت طبقاً للمواصفات القياسية الليبية (500 mg/l).

تركيز القاعدية الكلية (Total Alkalinity): القاعدية الكلية كما في الجدول 1أدناه تبين أنها أعلى من الحد المسوح به 437mg/l حسب المواصفات القياسية الليبية التي حددت القيمة (200mg/l)كحد أعلى .



الشكل1: نتائج الخواص الفيزيائية لمنطقة الدراسة مقارنة بالمواصفات القياسية الليبية.

التحليل الميكروبي: تم إجراء التحليل الميكروبي لعينة الدراسة وذلك لدراسة أي تلوث بكتيري بها ومن النتائج تبين أن عينة المياه لا تحتوي على بكتيريا *E. coli* كما هو موضح في الجدول (2) أدناه ولا وجود للتلوث البكتيري. وهذا النتيجة تتفق مع دراسة قام بها (قباصة وآخرون،2020). حيث أظهرت نتائج دراستهم عدم وجود تلوث بكتيري لعينة المياه المدروسة ويتطابق مع الدراسة الحالية بإن عينة الدراسة يوجد بها تلوث عالي جداً بمياه الصرف الصحي. حسب التحليل من شركة دلتا الفنية بطرابلس.

الجدول 2: التحليل الميكروبي لعينة الدراسة

1	(Total Count) After 24 h @ 37c	Cfu/1ml	AOAC010404	>500	500
2	*E. coli*	Cfu/100ml	AOAC110402	ND	0

7.

التوصيات (Recommendations):

1.دراسة الخواص الكيميائية لمياه الشرب في حي المجاهد بهون الجفرة.

2.مقارنة النتائج المتحصل عليها بالمواصفات القياسية الليبية.

3.الاهتمام بالمياه الجوفية باعتبارها المصدر الأول لمياه الشرب في ليبيا.

4.التأكيد على توعية المواطنين لترشيد الاستهلاك المائي وحماية هذه المصادر من أي تلوث.

5.تنظيف وتعقيم الخزان من فترة إلى أخرى.

6.استمرار الدراسة من قبل الباحثين طلاب الدراسات العليا على خزانات المياه الرئيسية بالمنطقة والتعرف على أنواع التلوث أن وجدت.

شكروتقدير:

شكر وتقدير وعرفان إلى شركة الدلتا للخدمات الفنية على مساعدتهم للباحثين في تحليل عينات الدراسة وإنجاز هذه الدراسة بالشكل المطلوب، كما يشكر الباحثين المؤتمر العلمي الأول بكلية العلوم بجامعة سرت (التلوث البيئي وتحديات الاستدامة البيئية – التصالح مع البيئة) على إتاحة هذه الفرصة للمشاركة في فعاليات هذا المؤتمر.

8. المراجع References :

أولاً: المراجع العربية

الغانمي، حسين علاوي (2011). *استخدام النباتات المائية أدلة حياتية على التلوث بالعناصر الثقيلة في نهر الفرات*. رسالة ماجيستير – كلية العلوم – جامعة بابل – العراق.

المركز الوطني الليبي للمواصفات والمعايير القياسية الليبية - طرابلس / ليبيا (2008). *مياه الشرب المعبأة*. الأصدار الأول: م ق ل (10).

دليل المواصفات والمعايير القياسية الليبية -طرابلس / ليبيا (1995). *المركز الوطني المواصفات والمعايير القياسية الليبية*. مركز البحوث الصناعية تاجوراء مياه الشرب المعدنية. الإصدار: م ق ل (82).

بلق، أسماء عبد الحميد؛ العكروت، ابتسام، السني؛ عطية أحمد خالد؛ وشليق، الشيباني محمد (2019). *دراسة الخواص الفيزيائية والكيميائية لمياه الشرب المعبأة من منطقة غرب ليبيا*. المجلة الجامعة – مج 21، ع1: ص 76-61

قمر، محمد قمر، مهاجر، أحمد محمد (2021) *دراسة بعض الايونات الذائبة والمعادن الثقيلة لمياه الشرب بالدائرة الثانية لمدينة أنجمينا*، مجلة العلوم البيئية، المجلد الخامس، العدد التاسع، الجزء الرابع، سبتمبر 2021، ص 399-377.

قباصة، محمد عبد المجيد؛ السباني، نادية حسين؛ سلطان، عمر محمد (2020). *تحليل الخواص الكيميائية والبيولوجية لتقييم جودة مياه الشرب المعبأة في مدينة طرابلس، ليبيا*. المجلة الجامعة – المجلد الأول (3). العدد (22) – ص1-20.

الشريفي، عقيل، عباس حمد (2014). *التلوث المحتمل لبعض العناصر الثقيلة وبعض العوامل البيئية لمياه جدول بني حسن في محافظة كربلاء - العراق*. رسالة ماجستير. جامعة كربلاء- العراق. https://www.scribd.com/document/686226929/Rp-possible-c

ميلاد، سالمة فرج؛ لجي، ناجي موسى السلمان؛ إبراهيم مهدي عزوز (2012). دراسة لمنولوجية لمياه عين تاورغاء، جنوب وشمال غرب ليبيا لتقييم مدى وملاءمتها لتربية الأحياء المائية. المؤتمر الرابع للعلوم البيئية ،5-6 كانون الأول -جامعة بابل – العراق.

عون، نجاة المبروك؛ حميدة سالم كاموكا (2019). *دراسة الخصائص الفيزيائية والكيميائية لبعض أنواع مياه الشرب المعبأة المحلية* – عدد خاص بالمؤتمر السنوي الثالث حول نظريات وتطبيقات العلوم الأساسية والحيوية – جامعة مصراته: 158-168.

هباني، الصديق شلعي، صالح محمد بيكي (2012). دراسة التلوث بعناصر (الرصاص والكادميوم والكروم) في مياه الشرب المعبأة ببعض مصانع منطقة مصراتة ليبيا. المجلة الدولية للتنمية – المجلد الأول (1). العدد (2) (2012): 47-54.

https://doi.org/10.21608/JAID.2012.2221116

الشركسي، ونيس عبد القادر، مصطفى منصور جهان، مصباح محمد عاشور (2006)، الطبعة الأولى *جوانب من جغرافية الجفرة، رؤيا للكتاب*، زليتن، ليبيا.

ثانياً: المراجع الأجنبية

Borul, S. B. & Banmeru, P. K. (2012). *Physico- chemical analysis of ground water for drinking from selected sample points around Banmeru Science College, Lonar Buldana district of Maharashtra*. Journal. of Chem. & Pharmaceutical Res., 4(5):2603-2606. https://www.jocpr.com

Ram, S. L.; Pravin U. S. & Deepali, S. (2011). *Pollution in Water of Kasardi River Flowing along Taloja Industrial Area of Mumbai, India*. World Environ (Scientific & Academic Publishing). 1(1): 6-13. https://scispace.com

A Study Physical Properties of '' Drinking Water'' in Al-Mujahid Neighborhood / Houn, Al-Jufra

Najmah R. A. El-Shaeb, Mabroukah. M. El-Mabrouk, Safa.M. Salem[1]

Department of Botany, Faculty of Science, University of Al-Jufra, Libya.

Abstract

This study conducted to determine the physical properties of drinking water in the -Al-Mujhahid neighborhood in Houn Al-Jufra. The water quality was assessed and compared with Libyan standard specification. The results of this study showed that the physical properties exceeded the allowable limits according to Libyan standards, except for the PH value, which was within the permissible limit. Therefore, the results obtained for all samples in the study area did not comply with Libyan standard specifications suitable for human consumption.

Keywords: physical properties, Libyan standard specification, Al-Mujhahid neighborhood, drinking water, Houn

The First Scientific Conference of the Faculty of Science – Sirte University
Environmental Pollution and Challenges of Environmental Sustainability (EPESC), Oct.14, 2025

تقييم كفاءة أداء محطات معالجة مياه الصرف الصناعي في رأس لانوف

عبد الكريم رمضان محمد
أخصائي بيئة أول بشركة راس لانوف
ماجستير / هندسة وعلوم البيئة الاكادمية الليبية للدراسات العليا بنغازي 2013 م
Corresponding Author Email: alk.alwafi.2020@gmail.com

ملخص البحث: قامت هذه الدراسة بتقييم أداء محطة معالجة المياه العادمة (ETP)في رأس لانوف، وذلك بمقارنة البيانات التشغيلية لفصلي الشتاء والصيف لعام 2010 مع بيانات عامي 2024 و2025. وتمثل الهدف الرئيسي في تقييم كفاءة معالجة مياه الصرف الصناعي وإمكانية إعادة استخدام المياه المعالجة الناتجة.
تم تحليل مؤشرات جودة المياه الأساسية، والتي شملت: الموصلية الكهربائية، والطلب البيوكيميائي على الأكسجين(BOD) ، والطلب الكيميائي على الأكسجين (COD)، والمواد الصلبة العالقة(TSS) ، وكبريتيد الهيدروجين، والفينولات، والزيوت والشحوم.
وكشفت الدراسة أنه في عام 2010، كانت متوسط تركيزات الملوثات في المياه المعالجة النهائية على النحو التالي BOD :(28 مجم/لتر)، و COD(111 مجم/لتر)، و TSS(36 مجم/لتر)، والفينولات (0.21 مجم/لتر)، وكبريتيد الهيدروجين (3.93 مجم/لتر)، والزيوت (2.20 مجم/لتر).
وبينما التزمت معظم نتائج عام 2010 بالمعايير الليبية والدولية لإعادة استخدام مياه الصرف الصناعي، فقد تجاوزت مستويات كبريتيد الهيدروجين (H2S) الحدود المسموح بها في كل من المبادئ التوجيهية التشغيلية للمحطة والمواصفات الدولية. على العكس من ذلك، وجد أن جميع المؤشرات التي تم تحليلها لعامي 2024 و2025 كانت متوافقة بالكامل مع المعايير المطلوبة.

Article History:

Received: 09 March 2025

Revised: 15 May 2025

Published: 15 November 2025

الكلمات المفتاحية:
كَبْرِيتيد الهيدروجين؛ رأس لانوف؛ معالجة مياه الصرف الصناعي؛ جودة المياه؛ إعادة الاستخدام؛ المقاييس البيئية.

المقدمة

يُعرف تلوث المياه، وفقاً لمنظمة الصحة العالمية (1961)، بأنه "أي تغيير يطرأ على الخصائص الفيزيائية أو الكيميائية أو البيولوجية للماء، بشكل مباشر أو غير مباشر نتيجة للنشاط البشري، مما يقلل من صلاحيته للاستخدامات الطبيعية أو المُخصصة لها". وبناءً عليه، فإن تلوث الماء يعني حدوث تغيرات في خصائصه تجعله غير صالح للشرب أو للاستخدامات المنزلية

والصناعية والزراعية (الطيب، 1988). وتشكل مياه الصرف الصناعي أحد أبرز مصادر هذا التلوث على مستوى العالم، وتعرف بأنها "المياه الناتجة عن الأنشطة الصناعية المختلفة، والتي تحتوي -حسب طبيعة المصدر- على مواد كيميائية ضارة، مما يستلزم معالجتها بشكل منفصل عن مياه الصرف الصحي المنزلية" (سامح، 1998). تستهدف هذه الدراسة محطة معالجة مياه الصرف الصناعي في مدينة رأس لانوف، حيث برزت مشكلة ارتفاع تركيز كبريتيد الهيدروجين (H2S) في المياه المعالجة النهائية التي يتم تصريفها في البيئة البحرية. وعليه، تسعى الدراسة إلى تشخيص مصادر هذه الملوثات وطرح الحلول لتحسين أداء المحطة.

مشكلة الدراسة:

ظهور تركيزات عالية من كبريتيد الهيدروجين (H_2S) في مياه الصرف الصناعي المعالجة التي يتم تصريفها في البيئة البحرية.

أهداف الدراسة:

1. تحديد المصادر الرئيسية لانبعاثات كبريتيد الهيدروجين (H2S) الداخلة إلى محطة المعالجة، ووضع آليات للحد منها من المنبع.
2. تقييم وتحسين كفاءة أداء محطة المعالجة لضمان مطابقة مياهها الصادرة للمعايير المحلية والدولية الخاصة بتصريف مياه الصرف الصناعي إلى البيئة البحرية.
3. المساهمة في حماية النظام البيئي البحري من الملوثات الخطرة.

أهمية الدراسة:

تكمن أهمية هذه الدراسة في النقاط التالية:

1. تقييم فاعلية العمليات الحالية في محطة المعالجة ومقارنتها بالمواصفات التشغيلية والمعايير العالمية.
2. الحد من الآثار السلبية لتصريف مياه الصرف غير المعالجة بشكل كاف على البيئة البحرية والصحة العامة.
3. استكشاف إمكانيات إعادة استخدام المياه المعالجة في أغراض مختلفة، مما يساهم في ترشيد الاستهلاك.
4. تسليط الضوء على المشاكل البيئية الناجمة عن تلوث المياه والتربة بمخلفات الصرف الصناعي.
5. إنشاء قاعدة بيانات شاملة عن أداء المحطة يمكن الاعتماد عليها في الأبحاث والدراسات المستقبلية.

منطقة الدراسة:

أُجريت هذه الدراسة على محطة معالجة مياه الصرف الصناعي في مدينة رأس لانوف. تقع المحطة على الساحل الشمالي الليبي للب البحر الأبيض المتوسط، على خط عرض 30.30درجة شمالاً وخط طول 18.31 درجة شرقاً. وتبعد المدينة حوالي 650 كم شرق طرابلس و350 كم غرب بنغازي (الشكل 1).

الدراسات السابقة:

في دراسة قامت بها (امجيديب، 2006) لتقدير أحمال التلوث في مياه الصرف الصحي والصناعي لعدد من المنشآت الصناعية في بنغازي وضواحيها، بما في ذلك شركة رأس لانوف لتصنيع النفط والغاز، تم تحليل مؤشرات تلوث مختلفة مثل (BOD, COD, TSS, TN, TP, NO3) وبعض المعادن الثقيلة (Zn, Cr, Cu, Pd, Ni) أشارت النتائج إلى أن مناطق الدراسة بالساحل الشرقي والأوسط لليبيا كانت أقل تلوثاً مقارنة بدول أخرى في حوض المتوسط، ويعزى ذلك أساساً إلى قلة الكثافة السكانية والأنشطة الصناعية.

وفي دراسة ذات صلة، أكد (البيطار، 2005) على التأثير السلبي لمياه الصرف الصناعي على الوسط المائي والكائنات الحية، نظراً لاحتوائها على مواد كيميائية ومعادن ثقيلة سامة. وأوصت الدراسة بضرورة أخذ عينات دورية من شبكات الصرف لمراقبة كفاءة وحدات المعالجة ومقارنة النتائج بالحدود المسموح بها. كما أشارت إلى أن المخطط التقني لمعالجة مياه الصرف الصناعي يشبه إلى حد كبير معالجة مياه الصرف الصحي، مع احتمالية إضافة تقنيات معالجة متخصصة تتناسب مع طبيعة كل صناعة.

شكل 1: موقع راس لانوف بخريطة ليبيا

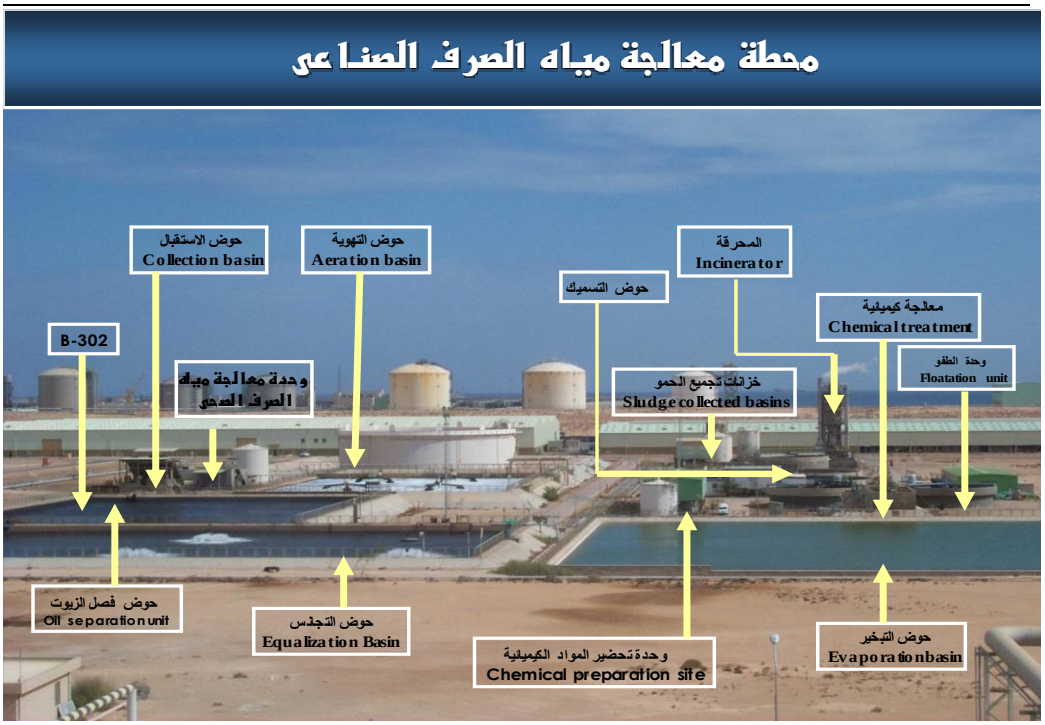
محطة معالجة مياه الصرف الصناعي (ETP):

تقع محطة معالجة مياه الصرف الصناعي داخل بمجمع الصناعي راس لانوف، وتم تشغيل هذه المحطة في 1984 وتعمل هذه المحطة بطريقة الحمأة النشطة بسعة تصميمية حوالي 900م^3/س أي ما يعادل 21600م^3/اليوم. وان جميع المخلفات السائلة الناتجة من عمليات التصنيع والمرافق المساعدة الأخرى والمياه الناتجة من وحدة ازالة الأملاح بالمصفاة والمياه المصاحبة للنفط الخام التي يتم تصريفها من الخزانات جميعها يتم استقبالها بوحدة المعالجة الصناعية حيث يتم معالجتها مع باقي المياه الخدمية ومياه الصرف الصحي ويتم تصريفها إلى البحر حسب المواصفات المسموح بها .وتتكون منظومة معالجة الصرف الصناعي من محطة المعالجة الصناعية ووحدات معالجة أولية تابعة لكل مصنع حيث يتم في هذه الوحدات معالجة أولية للتقليل من تركيز الملوثات واسترجاع الزيوت وإعادة استعمالها وتهيئة المياه قبل دخولها إلى محطة المعالجة الرئيسية.

المعالجة المبدئية Pre-treatment

وحدات فصل الزيت Oily water separator unit بالمرافق ومصنع الاثيلين والمصفاة. واهم العمليات التشغيلية في محطة المعالجة:

1. إزالة الزيت والمواد العالقة من مخلفات المياه الزيتية.
2. تخفيض مخلفات المياه الزيتية ومياه الصرف الصحي بالمعالجة الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية.
3. معادلة مياه المخلفات الغير عضوية والتخلص منها بواسطة حوض التبخير.
4. التخلص من الحمأة الزيتية والبيولوجية بواسطة الحرق.



شكل 2. محطة معالجة مياه الصرف الصناعي راس لانوف

شكل 3. مخطط لمصادر مياه الصرف الداخلة لمحطة المعالجة

المعالجة الاولية Primary treatment

- **المعالجة الفيزيائية PHESICAL TREATMENT**

ا- وحدة حوض التجميع B-301 :

ب- وحدة فصل الزيت (B-304) :Oil separation unit

ج- وحدة حوض التجانس (B-308) :Equalization unit

التحاليل الروتينية:

1. قياس درجة الحرارة .
2. قياس الرقم الهيدروجيني pH .
3. قياس نسبة كبريتيد الهيدروجين H_2S .
4. قياس الفينول.
5. قياس طلب الأكسجين الحيوي BOD.
6. قياس طلب الأكسجين الكيميائي COD.
7. تركيز العناصر الثقيلة.

- **المعالجة الكيميائية CHEMICAL TREATMENT**

ا- مرحلة التلبيد والخلط السريع FLASH MIXING & FLOCCULATION UNIT

ب- مرحلة التخثير والخلط البطيء (COAGULATION UNIT)

ج- الترسيب والطفو بوحدة الطفو (DAF) Floatation unit.

د- المواد المضافة في المعالجة الكيميائية :

1. محلول الصودا الكاوية (Na OH) .
2. محلول حمض الكبريتيك (H_2 SO4) هذه المادة لضبط الرقم الهيدروجيني (pH) .
3. كبريتات الحديدوز Ferrous Sulphate ($Fe\ SO_4\ 7\ H_2O$)
4. محلول البولي الكتروليت (Polyelectrolyte)
5. هـ- التحكم في الرقم الهيدروجيني (pH) :

المعالجة الثانوية (البيولوجية) BIOLOGICAL TREATMENT

في احواض التهوية AERATION BASIN والمتمثلة في الاحواض B-306A/B , حيث يتم توفير الظروف الملائمة لضمان نمو البكتريا وهذه الظروف هي:

1. توفـر الاكسجين اللازم
2. وجود التقليب المستمر لمحتويات الحوض
3. مواصفات المياه الملوثة واستمرارية تدفقها
4. توفر العناصر الغذائية وذلك للحفاظ على التوازن الغذائي بالوسط
5. درجة الحرارة
6. الاس الهيدروجيني pH
7. زمن المكوث

مواد كيميائية مضافة:

1. اضافة البكتيريا المعروفة بالفينوباك Phenoback.
2. اضافة مادة حامض الفسفوريك لتزويد الحوض بالفسفور الاساسى فى نمو الاحياء الدقيقة
3. اضافة اليوريا لتزويد الحوض بالنيتروجين لإتمام عمليات الاكسدة البيولوجية.

وهناك بعض المقاييس الهامة والتي يجب تحليلها للتحكم في عمليات المعالجة وتحديد أوجه القصور فيها ومنها:

1. MLVSS . Mixed liquor volatile suspended solids .
2. SVI. Sludge Volume index .
3. تركيز المواد المغذية " خصوصا النيتروجين والفسفور "
4. D.O Dissolved Oxygen

ا-الحمأة الز ائدة Excess Sludge :

يتم التخلص من الحمأة الزائدة عن طريق ضخها إلى وحدة تسميك الحمأة لتحسين مواصفاتها للتخلص منها بالمحرقة.

المحرقة Sludge Incinerator:

يتم تغذية المحرقة من عدة مصادر وهي:

1. الزيت المسترجع من الخزان TK-303RECOVERED SLOP OIL.
2. الحمأة الزيتية من الخزان TK-305OILY SLUGE.
3. الحمأة المنزوعة الماء من الخزان TK-319 DEWATERED SLUDGE.

وتقسم المحرقة الى مناطق.

المواد وطرق البحث:

جمع العينات:

تم جمع العينات بشكل دوري على فترتين مختلفتين خلال عام 2010 لمراعاة الاختلافات في عوامل مثل التدفق ودرجة الحرارة والظروف التشغيلية الأخرى .حيث تم أخذ عينتين عشوائيتين أسبوعيًا على مدى ثلاثة أشهر في الفترة الأولى (يناير، فبراير، مارس 2010) وثلاثة أشهر في الفترة الثانية (يوليو، أغسطس، سبتمبر 2010). وبذلك، بلغ إجمالي عدد العينات التي تم جمعها من المحطة خلال فترتي الدراسة 91 عينة.

المعاملات التي تم قياسها:

- **الاختبارات الطبيعية** :درجة الحرارة، التوصيل الكهربائي(Electrical Conductivity - EC) ، والمواد الصلبة العالقة (TSS).
- **الاختبارات الكيميائية** :الأس الهيدروجيني(pH) ، النيتروجين، الكبريتيد.

التحليل الإحصائي:

تم استخدام برنامج التحليل الاحصائي Statistical Package for the Social Science (SPSS)

وتم تحديد كفاءة المعالجة بمحطة معالجة مياه الصرف الصناعي براس لانوف بدلالة COD, TSS, BOD_5 عن طرق المعادلة الاتية:

$$\text{الكفاءة} = \frac{100*(\text{الخارجة } BOD_5 - \text{الداخلة } BOD_5)}{\text{الداخلة } BOD_5} \quad \dots \quad \text{الكفاءة} = \frac{100*(\text{الخارجة COD} - \text{الداخلة COD})}{\text{الداخلة COD}}$$

$$\text{الكفاءة} = \frac{100*(\text{الخارجة TSS} - \text{الداخلة TSS})}{\text{الداخلة TSS}}$$

نتائج التحاليل:

مبينة بالجداول 1 و2.

جدول 1. نتائج تحاليل مياه الصرف الصناعي 2010 ومقارنتها بـ 2024\ 2025

Analysis	Flow rate	Temp.	pH	Cond.	phenol	Sulphide	COD	BOD	Oil	TSS
Unit	m^3/d	°C	-	Ms	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
متوسط نتائج تحاليل المياه قبل المعالجة 2010	4796	29.80	8.80	2035	23	32.5	1026	316	174	127
متوسط نتائج تحاليل المياه بعد المعالجة 2010	4013	25.60	7.8	1402	0.21	3.93	111	28	2.20	36
متوسط نتائج التحاليل بعد المعالجة 2024	/	25.70	7.10	1018	0.7	0.05	19.3	13.00	11.00	32
متوسط نتائج التحاليل بعد المعالجة 2025	/	22.60	7.40	988	0.05	0.04	11.20	06.80	14.50	38
المواصفات التشغيلية للمحطة	-	35	6-9	2000	1.00	0.20	160	30	15	45
كفاءة المعالجة % 2010	/	/	/	/	99%	89%	89%	91%	99%	72%

جدول 2. نتائج تحاليل العناصر الثقيلة 2010م

Analysis mg/l	متوسط نتائج تحاليل المياه (يناير)	متوسط نتائج تحاليل المياه (سبتمبر)	متوسط نتائج التحاليل	المواصفات التشغيلية للمحطة
Pb	0.009	0.01	0.01	1.00
Cr	0.002	0.008	0.005	1.00

Cd	0.001	0.003	0.002	0.20
Ni	0.003	0.003	0.003	2.00
Zn	0.004	0.008	0.006	2.00

مناقشة النتائج:

كانت اغلب النتائج لسنة 2010م ضمن المعايير الليبية والدولية لمياه الصرف الصناعي المطلوبة عدا الكبريتيدات متمثلة في كبريتيدات الهيدروجين(H_2S) كانت نتائج التحليل غير مطابقة للمواصفات التشغيلية للمحطة والمواصفات العالمية كما هو موضح بالجدول1 كانت 3.93 ملجم/لتر وتعتبر هذه القيمة مرتفعة وخارجة عن حدود المواصفات المحلية والعالمية لمياه الصرف الصناعي المطروحة في البيئة البحرية حيث تجاوزت الحد المسموح به لنسبة الكبريتيدات في مياه الصرف الصناعي المعالجة 0.20 ملجم/لتر ويعزى ذلك الى:

اولا: التراكيز العالية للكبريتيدات في مياه الصرف الصناعي الناتجة من العمليات الانتاجية للمجمع والداخلة للمحطة.

ثانيا: اكاسيد الكبريت الناتجة من حرق زيوت الغسيل Wash Oil في المحرقة حيث تعود هذه الاكاسيد عن طريق مياه التبريد الى حوض اخماد غاز المدخنة **Flue gas quench SI-314 A/B** على هيئة رماد ومن ثم تتحول هذه الاكاسيد بالتفاعل الى كبريتيدات.

ثالثا: قلة كفاءة المواد الكيميائية المضافة والمستخدمة في عملية ترسيب نواتج الحرق من المحرقة مما يتسبب في ارتفاع نسبة الكبريتيدات في مياه الصرف المعالجة.

اما نتائج تحاليل العناصر الثقيلة للمياه المعالجة لسنة 2010م كانت ضمن المواصفات التشغيلية والمواصفات العالمية لمياه الصرف الصناعي.

اما نتائج تحاليل مياه الصرف المعالجة لسنة 2024 -2025 كانت جميعها مطابقة للمواصفات التشغيلية للمحطة والمواصفات العالمية لمياه الصرف المطروحة في البيئة البحرية.

التحليل الاحصائي

كما ذكر سابقا تم استخدام برنامج التحليل الاحصائي statistical package for the social science (SPSS) **كما** مبين بجدول 3.

جدول 3. التحليل الإحصائي لمتوسط نتائج تحاليل مياه الصرف الصناعي الخارجة راس لانوف 2010

Correlations

		Flow	Tem	PH	Cond	Phen	Sulphi	COD	BOD	Oil	T.S.S
Flow	Correlation Coefficient	1.000	.086	.000	.314	-.029	.600	-.257	-.058	-.371	-.086
	Sig. (2-tailed)	.	.872	1.000	.544	.957	.208	.623	.913	.468	.872
Tem	Correlation Coefficient	.086	1.000	.177	-.086	.086	.486	.829*	.638	-.314	-.486
	Sig. (2-tailed)	.872	.	.738	.872	.872	.329	.042	.173	.544	.329
PH	Correlation Coefficient	.000	.177	1.000	-.265	.794	.265	.177	.134	.353	.000
	Sig. (2-tailed)	1.000	.738	.	.612	.059	.612	.738	.800	.492	1.000
Cond	Correlation Coefficient	.314	-.086	-.265	1.000	-.429	-.429	.200	.464	.429	-.771
	Sig. (2-tailed)	.544	.872	.612	.	.397	.397	.704	.354	.397	.072
Phen	Correlation Coefficient	-.029	.086	.794	-.429	1.000	.143	-.086	-.319	.371	.314
	Sig. (2-tailed)	.957	.872	.059	.397	.	.787	.872	.538	.468	.544
Sulphi	Correlation Coefficient	.600	.486	.265	-.429	.143	1.000	.029	.029	-.771	.200
	Sig. (2-tailed)	.208	.329	.612	.397	.787	.	.957	.957	.072	.704
COD	Correlation Coefficient	-.257	.829*	.177	.200	-.086	.029	1.000	.899*	.086	-.771
	Sig. (2-tailed)	.623	.042	.738	.704	.872	.957	.	.015	.872	.072
BOD	Correlation Coefficient	-.058	.638	.134	.464	-.319	.029	.899*	1.000	.087	-.899*
	Sig. (2-tailed)	.913	.173	.800	.354	.538	.957	.015	.	.870	.015
Oil	Correlation Coefficient	-.371	-.314	.353	.429	.371	-.771	.086	.087	1.000	-.314
	Sig. (2-tailed)	.468	.544	.492	.397	.468	.072	.872	.870	.	.544
T.S.S	Correlation Coefficient	-.086	-.486	.000	-.771	.314	.200	-.771	-.899*	-.314	1.000
	Sig. (2-tailed)	.872	.329	1.000	.072	.544	.704	.072	.015	.544	.

*. Correlation is significant at the .05 level (2-tailed).

اعادة استخدام مياه الصرف الصناعي بالمجمع الصناعي:

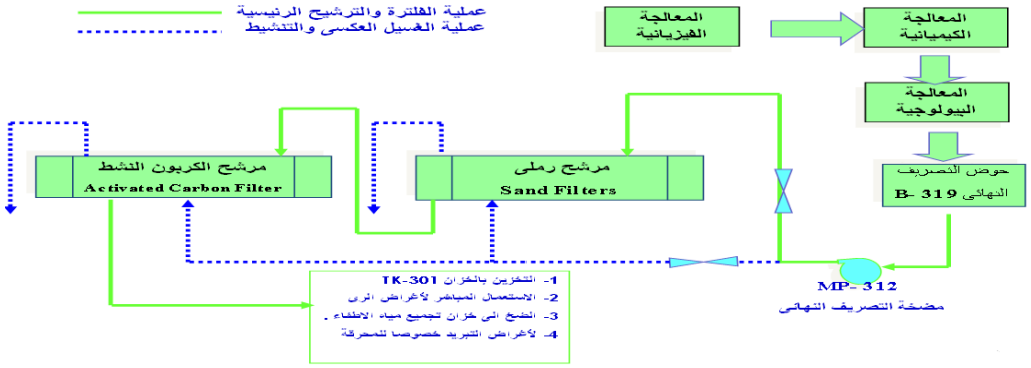
يمكن استخدام المياه المعالجة فيما يلي:

1. استخدامها لأغراض لري الاشجار والمسطحات الخضراء بالمجمع الصناعي.
2. استخدامها لمكافحة الحرائق.
3. استخدامها كمياه للتبريد في العمليات الصناعية.
4. استخدامها كمياه خدمية لتحضير المواد الكيميائية وأعمال التنظيف.
5. استخدامها في عملية التبريد بالمحرقة.

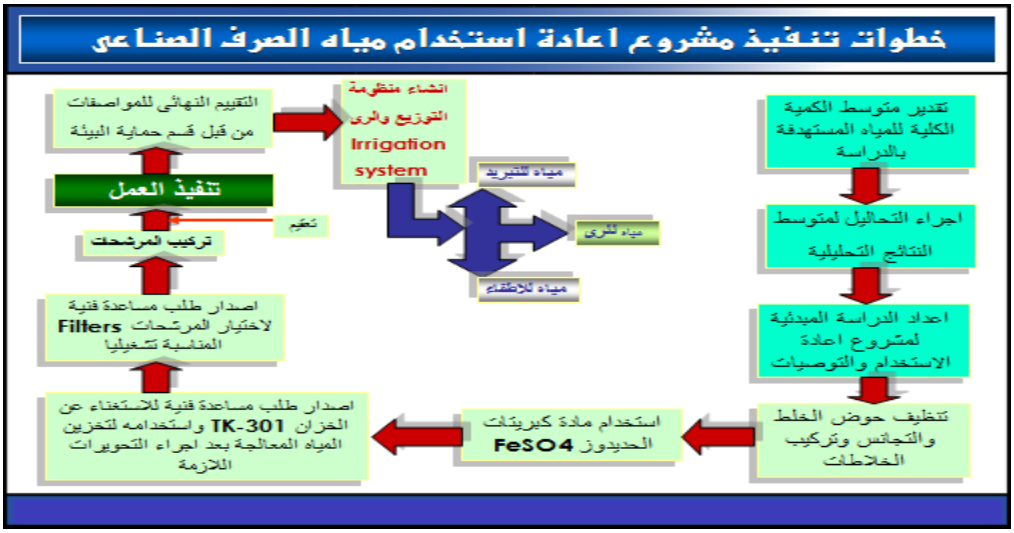
المقترحات المقدمة لإعادة استخدام مياه الصرف الصناعي:

تم اقتراح استخدام تقنيات المعالجة المتقدمة (المعالجة الثلاثية) بتركيب مرشحات رملية وكربونية على نهاية خط التصريف للمحطة (الشكلين 4 و5):

1. المرشحات الرملية ذات الوسط الحبيبي Granular – media filters: -
2. المرشحات الكربونية Carbon filter



شكل 4. مخطط تركيب مرشحات رملية وكربونية عند خطوط التصريف إلى البيئة البحرية



شكل 5. مخطط تنفيذ مشروع اعادة استخدام مياه الصرف الصناعي

المراجع العربية:

البيطار، ف .(2005). *إدارة النفايات الصناعية البيئة والصحة*. جامعة دمشق.

الطيب، ج .(1988). *قياس التلوث البيئي*. دار المريخ للنشر.

غرايبة، س .(1998). *المدخل إلى العلوم البيئية*. دار الشروق للنشر والتوزيع.

امجيديب، خ .(2006). *تقدير أحمال ملوثات الصرف الصحي والصناعي لبعض المصانع بمدينة بنغازي* [رسالة ماجستير غير منشورة]. أكاديمية الدراسات العليا.

ليبيا. مؤتمر الشعب العام .(2004). *القانون 15 لسنة 2003 بشأن حماية وتحسين البيئة*. مدونة التشريعات الليبية.

منظمة الصحة العالمية .(1961) .*عنوان الإصدار غير محدد* .منظمة الصحة العالمية.

المراجع الأجنبية:

APHA. (1995). *Standard methods for the examination of water and wastewater* (18th ed.). A. E. Greenberg, L. S. Clesceri, & A. D. Eaton (Eds.). American Public Health Association.

ASTM International. (1997). Annual book of ASTM standards: Section 11 - Water and environmental technology: Volume 11.01, Water (I). ASTM International.

ASTM International. (1997). *Annual book of ASTM standards: Section 11 - Water and environmental technology: Volume 11.02, Water (II)*. ASTM International.

Effluent treatment plant operation manual (Vol. 2). (1982). (Contract No. 8705 G-1).

Environmental sampling and analysis lab manual. (1997).

HORIBA. (2002). OCMA-350 oil content analyzer instruction manual. HORIBA, Ltd.

U.S. Environmental Protection Agency. (2003). *Standards*. U.S. EPA.

Evaluation Performance Efficiency of Industrial Waste Water Treatment Plants (Etp), Ras Lanuf

Eng. Abdelkarem Ramadan Mohamed
Senior Environmental Specialist at Ras Lanuf Company
M.Sc. in Environmental Engineering and Science, Libyan Academy for Postgraduate Studies – Benghazi, 2013

Abstract

This study was conducted on the ETP in Ras Lanuf during the winter and summer 2010 compare with 2024&2025. this research was to study the efficiency of industrial wastewater in Ras Lanuf and the possibility to reuse this reacted water. the tests required was conducted to directivity electrical, BOD, COD TSS, Hydrogen sulfide, phenols, Oil, and some other criteria, where the study concluded that the average results of the tests on industrial wastewater during 2010 were as follows: concentration of water out it was BOD (28 mg / l) COD (111 mg/ l) TSS (36 mg / l) phenols (0.21 mg / l) Hydrogen (3.93 mg / l) Oil (2.20 mg / l) .The most results it were within the criteria Libyan and international industrial wastewater required except hydrogen sulfide (H_2S) the results were non-conforming of the station operating and international specifications .during 2024 & 2025 all results it conforming of the station operating and international specifications.

Keywords: Hydrogen Sulfide; Ras Lanuf; Industrial Wastewater Treatment; Water Quality; Reuse; Environmental Standards

The First Scientific Conference of the Faculty of Science – Sirte University
Environmental Pollution and Challenges of Environmental Sustainability (EPESC), Oct. 14, 2025

الكشف المبكر لتلوث الأطفال بالرصاص (دراسة مبدئية تطبيقية بمنطقة سيدي السائح-ليبيا)

محمد فرج عبد الصادق، محمد بشير المبروك، حامد باباي، توفيق المسطر

قسم العلوم البيئية، جامعة الزيتونة، طرابلس، ليبيا.

Corresponding Author Email: Tawfiq8@gmail.com

Article History:

Received: 30 March 2025

Revised: 12 May 2025

Published: 15 Novomber 2025

الكلمات المفتاحية:
الكشف المبكر؛ التلوث؛ الرصاص؛ البول

ملخص البحث: يُطلق على التلوث أحيانا بالسم القاتل غير المرئي، وأن إحصاءات الصحة تقيس المرض، وليس التلوث. تهدف الدراسة الى التوعية بالأعراض الأولية لمخاطر تلوث الأطفال بالرصاص. أجريت الدراسة في منطقة سيدي السائح بطرابلس، التي يقع فيها المكب العشوائي للقمامة. استخدمنا جهاز مطياف الامتصاص الذري (220 جرام)، لقياس تركيز الرصاص في عينات البول، مع مقارنتها مع تحليل (CBC) لعينات الدم، لجميع الأطفال المستهدفين للدراسة وعددهم 19 طفلاً، تراوحت أعمارهم، بين 12- 15 ذكوراً، وإناثاً، مع استبيان.

وخلصت الدراسة إلى أن تركيز الرصاص في عينات البول لكل الاطفال كان Ug/L 0.1، (ما يعادل ug/dL0.01)، ومن خلال تحليل (CBC)، في المختبر، فإن متوسط التركيز الكلي للهيموجلوبين اختلف بين الطلاب، وقورنت بالأطفال القاطنين بالبعد من المكب، ، فكان متوسط التركيز الكلي للهيموجلوبين لديهم 13.5 جرام/ ديسيلتر، واختلفت معه كذلك نسبة عدد كريات الدم الحمراء، واحتوت عينات البول الروتيني في المختبر الطبي، على ترسبات، مع وجود بكتيريا، مقارنة بالأطفال القاطنين بالبعد من المكب، ومن خلال الاستبيان نجد أن 40% من الطلبة لديهم سعال مستمر، و32% يشعرون بضيق في التنفس، و26% لديهم طفح جلدي، أو حكة في الجلد، و61% لديهم مشاكل في الدراسة والسلوك، و39% منهم لديهم إعاقة ذهنية.

1. المقدمة

يعتبر علم البيئة ذات اهتمام في معظم دول العالم، وذلك نتيجة لعلاقته المباشرة بالإنسان خاصة، وبالكائنات الحية عامة، والمرتبطة بالكثير من الأمراض التي تصيب الإنسان، ففي العالم اليوم، يعتبر السرطان أحد أكبر التحديات الصحية التي يواجهها البشر، فوفقًا للإحصاءات، يتم تشخيص ملايين الحالات الجديدة من السرطان في العام، مما يؤثر على حياة الكثير من الناس، والدراسات تشير إلى أن البيئة تسهم بشكل كبير في الإصابة بالأمراض السرطانية، (بحوالي من 80 – 90%)، ويعتبر تقييم المخاطر الصحية المتعلقة بالتعرض للسموم البيئية أمرا حيويا.

وتؤدي الأمراض التي يسببها التلوث إلى وفاة حوالي 8.4 مليون شخص كل عام. مع ذلك، يتلقى التلوث جزء ضئيل للغاية من الاهتمام من المجتمع العالمي، ففي العالم النامي، التلوث يقتل أكثر من الأمراض، وإن المواقع السامة إلى جانب تلوث الهواء، والماء تفرض عبئًا هائلاً على الأنظمة الصحية في البلدان النامية، (**Stephan & Leahy, 2014**).

إن التلوث يُطلق عليه أحيانًا اسم القاتل غير المرئي، ومن الصعب تتبع تأثيره لأن إحصاءات الصحة تقيس المرض، وليس التلوث، ونتيجة لهذا فإن التلوث غالبًا ما يُصوَّر على أنه قضية ثانوية، في حين أنه يحتاج في الواقع إلى اتخاذ إجراءات جادة. أظهرت الدراسات أن العوامل البيئية المختلفة يمكن أن تسبب أمراضًا مزمنة مثل السرطان، واضطرابات الجهاز التنفسي، وأمراض القلب، والأوعية الدموية. لذلك، فإن منع العوامل البيئية يمكن أن يقلل من حدوث هذه الأمراض مع تحسين الصحة العامة ونوعية الحياة.

وتشير الآليات البيولوجية الحالية للسرطان إلى أن جميع أنواع السرطان تنشأ من البيئة والجينات، مما يعني أن عوامل خارجية متعددة، مقترنة بتغيرات جينية داخلية، تؤدي إلى الإصابة بالسرطان لدى البشر، (**Parsa N. 2012**). ففي الواقع تسبب الإمينات العطرية (aromatic amines)، سرطان المثانة لدى العاملين في مجال الكيمياء، مما ينتج السمات الفريدة للخلايا السرطانية، ومن المعروف أن آلاف الجينات تفقد قدرتها على التحكم في الخلايا السرطانية، فيرتبط مثلاً تدخين السجائر ارتباطاً وثيقاً بتكوين العديد من الأورام الخبيثة، وثبت أن تجنب تدخين السجائر يقلل من الإصابة بالسرطان، ومن عوامل الخطر الأخرى المحتملة، والقابلة للتعديل، استهلاك الكحول، والسمنة، (**Purohit et. al., 2005**)

لذا فإن الكشف المبكر لصحة الأطفال نتيجة تعرضهم للتلوث، يعد فرصة هامة للتعامل مع هذا المرض القاتل قبل أن يتفشى ويؤثر على الأعضاء الحيوية. فإننا بحاجة إلى التعريف بأهمية الكشف المبكر أثناء تعرض الأطفال للملوثات البيئية، فإن التدخين، وتلوث الهواء، وتلوث الغذاء، وتلوث المياه، تعتبر عوامل خطر بيئية على صحة أطفالنا أثناء الطفولة، فيتعين على العاملين في مجال الرعاية الصحية، ان يكونوا على دراية كاملة بتأثيرات هذه العوامل على صحة أطفالنا، وعلى مستقبلهم. وأن معدلات الشفاء عند اكتشاف المرض خلال وقت مبكر تكون نسبتها مرتفعة جداً، لأنها تمنع حدوث المشاكل الصحية قبل تطورها، ويتم تحديد العلاج المناسب للحالة والسيطرة على المخاطر التي يمكن ان يتعرض لها الأطفال في سن مبكرة، وتجنب المضاعفات.

إن الأطفال معرضون بشكل خاص للمخاطر البيئية لأنهم يتلقون جرعات أعلى من الملوثات في أي بيئة معينة، وكثيراً ما لا يتمتعون بالقدر العادل من الوصول إلى آليات الحماية الاجتماعية، مثل الخدمات البيئية، والرعاية الصحية. وقد أنشأت منظمة الصحة العالمية شبكة عالمية من المراكز المتعاونة التي تعالج الصحة البيئية للأطفال، وقد ركزت الشبكة على البلدان المنخفضة، والمتوسطة الدخل، وتعمل على توسيع نطاقها من خلال عقد ورش عمل إقليمية للشبكة (**Sly et al., 2019**)

والرصاص من المعادن الثقيلة السامة، ولا يعتبر من العناصر الضرورية للحياة، ولأي كائن حي، ويوجد الرصاص في الجو، والتربة، والماء بشكل طبيعي، وان زيادة نسبة الرصاص في الوسط البيئي يعتبر سببا رئيسيا للتلوث كحصيلة للنشاطات البشرية الباعثة على طرح كميات مرتفعة في الوسط المحيط، لذا فانه يستخدم على نطاق واسع في العمليات الصناعية، **(عبد الإله الحسين الصطوف, 1995)**.

ويعتبر الرصاص من المعادن السامة الموجودة في القشرة الأرضية والأكثر انتشاراً وتلوثاً للبيئة، والأغذية، حيث ينتقل الرصاص من خلال الأمطار الي التربة، ومن ثم الي المنتجات الزراعية، وكما لوحظ ان الوسط الحامضي يزيد من ذوبانيته وبالتالي يساعد في انتقاله الي النباتات، والخضراوات والفاكهة، ويمكن ان يؤثر التعرض له في عديد من أجهزة الجسم. وبوجه خاص يتعرض الأطفال، والنساء في سن الإنجاب، والتي يمكن ان تسبب أضرار وخيمة، ودائمة بصحتهم، إذ تؤثر على الوظائف العصبية المركزية التي تؤدي الي اضطرابات عقلية وتلف مكونات الدم، كما يمكن ان تسبب الرصاص في تلف الرئتين، والكلى، والكبد، والأعضاء الحيوية الأخرى التي تحفز العديد من الحالات المرضية **(Oves et al., 2016)**.

يؤثر الرصاص بشكل كبير على نمو الدماغ، والجهاز العصبي المركزي للأطفال، منها صعوبة في التعلم، وتدني في نسبة الذكاء، كما يسبب في ضعف العضلات، وامراض الكلى، والأعصاب، وتعتمد سمَية الرصاص على الكمية التي يتعرض لها الشخص، ومدَة التعرض، وقد لا تؤدي كميات ضئيلة من الرصاص الي أعراض فورية، ولكن يمكن ان تتراكم في الجسم نتيجة للتعرض المتكرر، مما يؤدي الي مشاكل صحية خطيرة على المدي الطويل، وفي حالات التعرض المفاجئ مثل ابتلاع كميات كبيرة من الرصاص، واستنشاق غاز الرصاص يمكن ان تكون نتائج قاتلة.

إن التعرض لغبار الرصاص، وكلوريد أو حتى بروميد، أو اكاسيد الرصاص يؤدي إلى امتصاصه في الرئتين بدرجة كبيرة في حالة كون ذرات هذا الغبار ذات نصف قطر اقل من 0.1 مايكرو متر، أما بالنسبة لرباعي ايثيل الرصاص فيتم امتصاصه بشكل تام من خلال الرئتين، والجلد (**عبد العظيم وآخرون، 1990**)، وامتصاصه عن طريق الرئتين يعتمد على حجم الجسيمات (PM)، حيث تدخل الجسيمات إلى تشعبات القصبة الهوائية ومنها إلى الحويصلات الرئوية، ومنها إلي الدم.

يعتبر الأطفال أكثر عرضة للتسمم بالرصاص، مقارنة بالأشخاص البالغين نتيجة لتطور أجهزتهم الحيوية، حيث يمكن ان يسبب التعرض للرصاص بكميات صغيرة عند الأطفال الي مشاكل صحية خطيرة كتأخر في النمو العقلي، والجسدي، وضعف في العضلات. ويمكن ان يؤثر التسمم بالرصاص على قدرة الأطفال على التعلم، وعدم التركيز في مرحلة الدراسة،

مما يؤثر سلباً على تطورهم العقلي وأدائهم الأكاديمي. إن امتصاص الرصاص قليل جدا بواسطة الأمعاء بسب قلة ذوبانية الرصاص، إلا إن كثرة التعرض المزمن، وتراكم هذا المعدن في الجسم يحدث التأثير السام. وتزداد ذوبانية الرصاص مع زيادة حموضة الوسط، ويقل امتصاصه مع زيادة حركة الأمعاء، وزيادة كمية الكالسيوم، وفيتامين (د)، والفسفور، والحديد، والنحاس، والزنك في الطعام، (**عبد العظيم وآخرون، 1990**).

يلعب الكشف المبكر لتلوث الأطفال بالرصاص دوراً حاسماً في الوقاية من الأمراض، وتقليل خطر الإصابة به، فيمكن اكتشاف المؤشرات، والتغييرات غير الطبيعية في الجسم، قبل ظهور الأعراض، واكتشاف المرض في مراحله الأولى، مما يعزز فرص الشفاء، ويساعد في تقليل تداعيات المرض، والحاجة إلى إجراءات علاجية مكلفة، فمن خلال الكشف المبكر يمكن اتخاذ إجراءات وقائية مبكرة، مثل تغير نمط الحياة، وتقليل التعرض لمصادر الرصاص، (في الماء، والغذاء والهواء). وتشير المؤشرات الحيوية إلى مجموعة متنوعة من العلامات، أو القياسات التي تستخدم لتقييم الصحة العامة، والوضع الحيوي للأشخاص المعرضين للتلوث البيئي. فيمكن استخدام مختلف أنواع المؤشرات الحيوية مثل اختبارات الدم، والبول، وتحليل الشعر، والأظافر، واختبارات التنفس، واللعاب، والعلامات الجينية لتقييم الملوثات البيئية، التي يتعرض لها الافراد، (**توفيق المسطر، محمد الهمالي،2024**). وتقييم هذه المؤشرات يساعد في فهم الحالة الصحية، والوضع العام للناس في البيئة الاجتماعية، ويمكن أن يستخدم لتوجيه العلاجات الوقائية المناسبة لتحسين جودة الحياة والصحة العامة.

منهجية الدراسة:

تعتمد منهجية هذه الدراسة على الدراسة الوصفية التطبيقية والتحليلية، لمعرفة تركيز الرصاص في عينات البول للأطفال بمنطقة سيدي السائح مقارنة بتحليل البول الروتيني، وبتركيز الهيموجلوبين في عينات الدم، وعدد كريات الدم الحمراء.

الإشكالية والهدف من البحث:

تكمن مشكلة البحث حول استكشاف التأثيرات الصحة للأطفال المعرضين للتلوث، بمنطقة سيدي السائح، والتوصل إلى إجابات للأسئلة التالية:

- لماذا تم اختيار عينات البول لتقييم تركيز الرصاص للأطفال المعرضين للتلوث، والمستهدفين في الدراسة؟
- ما هي العلاقة بين تركيز الرصاص في عينات البول مع التغير في تركيز الهيموجلوبين في الدم، وفي كريات الدم الحمراء؟
- هل تعرض الأطفال للتلوث بالرصاص يؤثر على صحتهم؟

ويهدف هذا البحث إلى:

- التوعية بالأعراض الأولية لمخاطر تلوث الأطفال بالرصاص.
- الكشف المبكر يلعب دوراً حاسماً في زيادة معدلات الشفاء من الامراض.

- رفع الوعي البيئي لمخاطر التلوث للمساهمة في تقليل الحاجة إلى إجراءات طبية معقدة، وتقليل التكاليف الطبية للعلاج.

ومن فوائد الكشف المبكر لتلوث الأطفال بالرصاص:

- يساعد في زيادة فرص الشفاء، والمعايشة الطبيعية للأطفال فيما بينهم.
- يقلل الحاجة إلى إجراءات طبية معقدة ومكلفة.
- يساعد في تحديد مصدر التلوث في البيئة، ومعالجته، قبل ان ينتشر ويتفاقم.
- يساهم الكشف المبكر لتلوث الأطفال بالرصاص في تقليل التكاليف الطبية والمالية.

2. الدراسات السابقة:

أجريت دراسة **(عمر محمد لفطح، 2015)**.علي مياه الآبار المحيطة بمكب القمامة بمنطقة سيدي السايح وهدفت الدراسة إلي تتبع بعض المعايير الكيميائية والجرثومية لطبقات المياه ومعرفة ما مدي مطابقتها للمواصفات القياسية الليبية لمياه الشرب رقم 2013/82، والكشف عن بعض الملوثات التي قد تحتويها هذه المياه، ومدي صحة استعمالها للشرب والري، حيث أظهرت نتائج التحاليل أن هناك ارتفاع في قيم الأملاح الكلية الذائبة "TDS" في العينات حيث تجاوزت أعلي قيمة 1,450 ملليجرام/لتر، وبالتالي فإن معظم هذه الآبار غير ملائمة للشرب، وذلك حسب المواصفات القياسية، وسجل تركيز الرصاص زيادة عن الحد المسموح به وفقاً للمواصفات القياسية الليبية لمياه الشرب، كما أعطت عينات الآبار نتائج مقبولة من الناحية الجرثومية فتعتبر صالحة من الناحية الجرثومية وذلك حسب المواصفات القياسية لمياه الشرب، ولخصت الدراسة إلي أن أبار المياه بمنطقة سيدي السايح تتسم بالعمق فهي لم تتعرض بعد للتلوث الجرثومي بسبب وجود المكب القريب من هذه الآبار.

ومن خلال دراسة (**عمر محمد لفطح، 2015**) أنه يبقي خطر وجود هذا المكب واستحداث المنشآت الصناعية الأخرى بهذه المنطقة قائم، ويهدد المياه الجوفية بالتلوث، وكذلك بسبب الزحف العمراني الذي بدأ يزحف باتجاه هذه المنطقة، وما يرافقه من رمي لمخلفات الصرف الصحي في بيارات، وبرك لا تراعي، ولا تتوفر فيها الشروط الصحية، بالرغم من التصنيف العمراني السابق لمنطقة سيدي السايح حيث تقع ضمن المخططات الزراعية للدولة.

وفي دراسة بأمريكا الشمالية **(Laborde et al., 2014)** في آثار مكبات النفايات في بيرو على صحة الأطفال، مع التركيز على تراكم المعادن الثقيلة، وخاصة الرصاص والكادميوم، في عينات الشعر والبول، وكشفت النتائج أن الأطفال المقيمين بالقرب من مكبات النفايات أظهروا مستويات من الرصاص تفوق المعايير الدولية للسلامة، مما يسلط الضوء على مشكلة بيئية وصحية خطيرة.

وتناولت دراسة أخرى **(Gad et al., 2022)** إلى تقييم مستويات الرصاص في دم الأطفال الذين يقطنون بالقرب من مكب قمامة في مدينة القاهرة، حيث تم جمع عينات الدم من الأطفال وتحليلها باستخدام تقنية الامتصاص الذري لقياس تركيزات الرصاص بدقة. أظهرت النتائج أن الأطفال الذين يعيشون بالقرب من المكب يعانون من مستويات مرتفعة من

الرصاص بشكل ملحوظ مقارنة بالمجموعة الضابطة التي تقيم في مناطق بعيدة عن مكبات القمامة، مما يبرز خطورة القرب من المكبات على الصحة العامة للأطفال.

وفي دراسة في الهند، لتأثير انبعاثات الهواء الناتج عن مكبات النفايات، وتأثير مستويات الرصاص على الأطفال، والذين يقطنون بالقرب منها، (**Levin et al., 2021**)، فلقد تم الاعتماد على جمع عينات بيولوجية، شملت البول والشعر، من الأطفال كوسيلة دقيقة لتقييم مدى التلوث الناتج عن التعرض للرصاص، وقد بينت النتائج أن مكبات النفايات غير المنظمة تُعد من المصادر الرئيسية لانبعاثات الرصاص، مما يساهم بشكل كبير في ارتفاع مستويات هذا المعدن السام في أجسام الأطفال. وأظهرت الدراسة أيضاً أن هذه الانبعاثات تحمل ملوثات ثقيلة تنتشر في الهواء، ما يجعل الأطفال الذين يعيشون في محيط هذه المكبات عرضة مباشرة لاستنشاق الجسيمات الدقيقة أو التلوث عبر الاتصال البيئي. كما سلطت الدراسة الضوء على الحاجة الملحة إلى تحسين إدارة مكبات النفايات، والحد من الانبعاثات الناتجة عنها، ليس فقط لتقليل تأثيرها البيئي، ولكن أيضاً لحماية صحة الأطفال، الذين يُعدون الفئة الأكثر حساسية لتأثيرات التلوث بالرصاص. وأكدت النتائج ضرورة تطبيق سياسات صارمة ومراقبة مستمرة للمكبات المفتوحة لتقليل المخاطر الصحية والبيئية المرتبطة بها.

وأوصت الدراسة بضرورة تحسين نظم إدارة النفايات الصلبة في المناطق الحضرية المكتظة، مثل مومباي، للتقليل من الانبعاثات السامة الناتجة عنها، مع التركيز على أهمية إجراء فحوصات دورية للأطفال في المناطق المتضررة للكشف المبكر عن التسمم بالرصاص. كما دعت إلى وضع برامج توعوية تستهدف المجتمعات المحلية لرفع مستوى الوعي حول المخاطر الصحية الناجمة عن التلوث البيئي.

وفي الهند أيضاً (**Bora et al., January 2021**) ، هدفت الدراسة إلى تقييم التأثيرات الصحية طويلة المدى للأطفال الذين يعيشون في محيط مكبات النفايات المفتوحة، مع التركيز على تداعيات التعرض المزمن للملوثات السامة، واستخدم الباحثون عينات بيولوجية، شملت الشعر والبول، لتحديد تركيزات المعادن الثقيلة، خاصة الرصاص والكادميوم، كأدوات علمية دقيقة لقياس مستويات التلوث داخل أجسام الأطفال. وأظهرت النتائج أن الأطفال الذين يعيشون بالقرب من هذه المكبات يعانون من ارتفاع ملحوظ في تركيزات الرصاص، والكادميوم مقارنة بالمستويات المسموح بها وفقًا للمعايير الصحية الدولية. وقد تم ربط هذه المستويات العالية بتدهور وظائف الكلى، حيث تبين أن التعرض المستمر لهذه الملوثات يؤدي إلى إجهاد الكلى وإضعاف قدرتها على أداء وظائفها الطبيعية.

بالإضافة إلى ذلك، كشفت الدراسة عن تأثيرات سلبية على النمو الجسدي والعقلي للأطفال، بما في ذلك ضعف التطور الإدراكي، وتأخر في الأداء المدرسي، ونقص في الطول والوزن مقارنة بأقرانهم في المناطق غير المتضررة. كما أكدت الدراسة أن مكبات النفايات المفتوحة تعد مصدراً رئيسياً للملوثات الثقيلة، حيث تنتقل هذه الملوثات إلى البيئة المحيطة عبر الهواء، أو التربة، والمياه الجوفية، مما يجعل الأطفال الأكثر عرضة لخطر التلوث بسبب حساسية أجسامهم أثناء مراحل النمو.

وأوصى الباحثون بضرورة تنفيذ برامج شاملة لتحسين إدارة النفايات الصلبة، وتقليل الانبعاثات الناتجة عنها، مع تعزيز الرقابة البيئية في المناطق المتضررة. كما شددوا على أهمية الفحوصات الطبية الدورية للأطفال الذين يعيشون بالقرب من هذه المكبات للكشف المبكر عن تأثيرات التلوث وتقديم الرعاية الصحية اللازمة. بالإضافة إلى ذلك، دعا الباحثون إلى

تنظيم حملات توعية تستهدف المجتمعات المحلية لتعزيز فهم المخاطر الصحية المرتبطة بمكبات النفايات وأهمية اتخاذ تدابير وقائية لحماية الأطفال من هذه الآثار الضارة.

ووفقًا لتقارير منظمة الصحة العالمية والمعاهد الوطنية للصحة، يُعد الرصاص من المعادن شديدة السمية، وله آثار سلبية على إنتاجية المحاصيل وصحة الإنسان حتى بتركيزات منخفضة جدً، وهو ضار بشكل خاص بالشباب، وينتشر الرصاص في جميع أنحاء الجسم، بما في ذلك الدماغ، والكبد، والعظام، والكلى. ومع مرور الوقت، يتراكم في الأسنان والعظام، (**منظمة الصحة العالمية، 2022**).

3. منطقة الدراسة والمواد وطرق البحث:

3.1. منطقة الدراسة وخصائصها:

تبعد منطقة سيدي السايح الواقعة في جنوب شرق مدينة طرابلس مسافة حوالي 42 كيلومتر، ويقع مكب القمامة في الجزء الشمالي من المنطقة، ويتوسط المكب منطقة سكنية، زراعية، صناعية، وتُلقَى المخلفات في المكب بدون مراعاة لشروط السلامة المهنية، وبدون إدارة مُثلى للنفايات الصلبة، ويستوعب المخلفات الصلبة من جميع مناطق مدينة طرابلس، وتقدر مساحته بحوالي 80 هكتار وقد تم إنشاءه منذ حوالي أكثر من 15 سنة، وتأتي أهمية الدراسة لعدم وجود دراسات سابقة تتناول صحة الأطفال القاطنين بالقرب من المكب، ولهذا تم اختيار منطقة الدراسة. الطلبة المستهدفين للدراسة يقطنون ويدرسون بالقرب من مصدر التلوث البيئي (مكب القمامة، والصناعات المجاورة)، حيث تبعد مدرسة الوفاق، والأجواد حوالي 1 إلى 2 كيلومتر، على التوالي.

3.2. جمع العينات:

تم خلال هذه الدراسة جمع حوالي تسعة عشر عينة من طلاب المدارس متمثلة في عينات البول، والدم بمنطقة الدراسة في سيدي السايح، وقد جمعت العينات من طلاب المدارس ومن أعمار متفاوتة (12-15)، وإجراء التحاليل المختلفة للعينات، حيث أخذ عشر عينة من كل مدرسة في أنابيب خاصة بالتحاليل الطبية وفقاً للطرق العلمية المخصصة، للطلبة المستهدفين للدراسة من كل مدرستي: الوفاق، والأجواد. تم اثناء الدراسة عمل استبيان لنفس الطلبة المستهدفين للدراسة، لمعرفة تأثيرات مكب القمامة على صحة الأطفال، وعلى تحصيلهم العلمي.

3.3. المواد المستخدمة في البحث:

أولاً: المواد المستخدمة في تحليل عينات البول (حيث قسمت لجزئين):

1. تم تحليل عينات البول لمعرفة خصائصه، وتم استخدام جهاز (Strip والميكروسكوب).
2. والجزء الأخر من العينة لمعرفة تركيز الرصاص لدي الأطفال المستهدفين للدراسة باستخدام جهاز مطياف الامتصاص الذري (220 جرام)، (A tomic Absorption Spectrometer (220 G).

ثانياً: المواد المستخدمة في تحليل عينات الدم:

تم تحليل عينات الدم لمعرفة نسبة تركيز الهيموجلوبين لدي الأطفال وذلك باستخدام (Sysmex)، وعدد كريات الدم الحمراء، مقارنة بنسبة تركيز الرصاص في عينات البول.

ثالثاً: المواد المستخدمة في تحليل عينات البول لتقدير نسبة تركيز الرصاص في العينات:

- حمض النيتريك HNO_3.
- الماء المقطر HO_2.
- حمض الهيدروكلوريك HCL.
- بيروكسيد الهيدروجين H_2O_2.

4. **النتائج والمناقشة:**

4.1. النتائج:

أولاً: نتائج تحاليل عينات البول الروتيني:

لقد تم الحصول على النتائج لمعرفة خصائص البول لدي الأطفال المستهدفين للدراسة

الجدول 1. يوضح نتائج تحاليل (مدرسة الوفاق) لمعرفة خصائص البول لدي الأطفال.

العينات	البكتيريا	الترسبات
1	++	+
2	+	+
3	++	+
4	++	+
5	++	+
6	++	+
7	+	+
8	++	+
9	+	+
10	++	+

الجدول 2. يوضح نتائج تحاليل (لمدرسة الأجواد) لمعرفة خصائص البول لدي الأطفال.

العينات	البكتيريا	الترسبات
1	+	-
2	-	-
3	+	-
4	+	+
5	+	-
6	-	-
7	+	+
8	+	+

1. نتائج تحليل عينات البول لمعرفة تركيز الرصاص لدي الأطفال المستهدفين للدراسة:

الجدول 3. يوضح تركيز الرصاص في عينات البول لدى الأطفال بمدرسة الوفاق.

عدد العينات	تركيز الرصاص (Ug/L)
1	0.1
2	0.1
3	0.1
4	0.1
5	0.1
6	0.1
7	0.1
8	0.1
9	0.1
10	0.1

الجدول 4. يوضح تركيز الرصاص في عينات البول لدى الأطفال بمدرسة الأجواد.

عدد العينات	تركيز الرصاص (Ug/L)
1	0.1
2	0.1
3	0.1
4	0.1
5	0.1
6	0.1
7	0.1
8	0.1

ثانياً: نتائج تحليل عينات الدم:

وقد تم الحصول على النتائج لتقدير مستوي الهيموجلوبين وعدد كريات الدم الحمراء لدي الأطفال على النحو التالي: -

الجدول 5. يوضح نتائج تحليل عينات الدم بمدرسة الوفاق لدي الأطفال المستهدفين للدراسة.

العينات	HGB جرام/ ديسيلتر	RBC مليون خلية/ ميكرولترواحد من الدم
1	12.3	4.4
2	13.1	4.9
3	12.9	4.7

4	13.9	4.9
5	12.4	5.0
6	11.2	4.7
7	13.7	5.0
8	14.7	4.8
9	14	4.9
10	12.3	4.8
المتوسط الكلي للعينات=	13.05 **جرام/ ديسيلتر**	4.81 **مليون خلية/ ميكرولترواحد من الدم**

الجدول 6. يوضح نتائج تحليل عينات الدم للأطفال المستهدفين للدراسة بمدرسة الأجواد.

العينات	HGB	RBC مليون خلية/ ميكرولترواحد من الدم
1	12.2	4.84
2	13.1	5.22
3	11.4	4.78
4	10.2	4.88
5	12	4.5
6	11.9	3.5
7	11.8	4.7
8	5.9	2.44
9	11.8	4.81
10	11.7	4.74
المتوسط الكلي للعينات=	11.2	4.44

ثالثاً: نتائج الاستبيان:

وأثناء إجراء الدراسة للكشف المبكر لتركيز الرصاص في عينات البول للأطفال، تم إجراء استبيان للأطفال المستهدفين للدراسة، وكان الاستبيان مفتوح والاسئلة واضحة لكل الطلبة، حيث ضم 20 طالباً، وطالبة، ويهدف لمعرفة وعي الأطفال بالتلوث البيئي، وتأثيره على صحتهم، ومقارنته بالنتائج المعملية، التي تحصلنا عليها. وكانت النتائج على النحو الآتي:

الجدول 7. يوضح النسبة المئوية للطلبة القاطنين بالقرب من مكب القمامة

العينة	النسبة المئوية
نعم	%80
لا	%20

الجدول 8. يوضح النسبة المئوية للمخاطر الصحية للأطفال المستهدفين بالدراسة

العينة	النسبة المئوية
صداع	%2
ضيق تنفس	%32
سعال مستمر	%40
طفح أو حكة في الجلد	%26

الجدول 9. النسبة المئوية للتأثيرات مكب النفايات على السلوك والدراسة لدي الأطفال

العينة	النسبة المئوية
مشاكل في الدراسة والسلوك	%61
الإعاقة الذهنية	%39

الجدول 10. يوضح النسبة المئوية مدي شعور الأطفال بالخوف أو القلق من مكب القمامة بالمنطقة

العينة	النسبة المئوية
نعم قليلاً	%20
نعم كثيراً	%62
لا	%18

4.2. المناقشة:

استخدمت عينات البول في المراقبة البيولوجية للتلوث بالرصاص على نطاق محدود، وتستخدم عينات الدم على نطاق واسع في تقدير تركيز الرصاص، إلا أنه ينشأ الرصاص في البلازما، ويرشح في الكبيبات، في الكلى، فلهذا يستخدم البول كمؤشر بيولوجي في تقدير تركيز الرصاص، وتوجد علاقة خطية بين وجود الرصاص في عينات البول، وعينات الدم، (**Bergdahl I.A., S. Skerfving, 2022**)، والذي يعكس الرصاص من البلازما الذي يتم افرازه من خلال الكلى. ويُظهِر تحليل عينات البول إجمالي ما يتناوله الجسم من عناصر معينة بشكل أفضل من السوائل البيولوجية الأخرى، ويختلف

أطفال المدارس في أنماط حياتهم، وعاداتهم، واستقلابهم للمواد السامة، فيتعرض الأطفال بسهولة للمواد السامة، مثل المعادن الثقيلة، لأن أجهزة أجسامهم لا تزال في طور النمو، (**Schwartz J, 2004**)

وفي الواقع، من المعروف أن الأطفال يمتصون المعادن بسهولة أكبر من البالغين، وهم حساسون بشكل خاص لأسباب بيولوجية ونمائية، وهناك شح في البيانات، والدراسات المتعلقة بتلوث الاطفال بالرصاص على مستوى ليبيا. ويمكن أن نستنتج من هذه القضايا المنهجية المهمة أن أكثر الدراسات الوبائية الحديثة إفادة حول تأثير الرصاص على الصحة هي تلك التي تمكنت من استخلاص تقديرات لكل من التعرض الأخير والتراكمي للرصاص لكل مشارك في الدراسة؛ ففي 21 دراسة بيئية، ومهنية بين عامي 1996 و2006، تم فحص ومقارنة ارتباط جرعات الرصاص (في الدم)، والمتراكمة (في العظام)، بالنتائج العصبية السلوكية، فكانت الارتباطات مع المؤشرات الحيوية للجرعة التراكمية (وخاصة الرصاص في قصبة الساق)، أقوى، وأكثر اتساقاً من الارتباطات بمستويات الرصاص في الدم، وتوقع الباحثين أن الآثار الحادة للجرعة العالية الحديثة قد تُخفي الآثار المزمنة للجرعة التراكمية، (**Shih RA, et.,al., 2006**).

ويعد الكشف المبكر لتلوث الأطفال بالرصاص من الأهمية بمكان، لاستكشاف مخاطر التلوث بالرصاص، ولإيجاد حلول في وقت مبكر، لأن التعرض للسموم البيئية (كالمعادن الثقيلة)، السبب الرئيس للإمراض المزمنة، والوفاة المبكرة في جميع أنحاء العالم، حيث أدى الارتفاع العالمي في الامراض غير المعدية، وخاصة السمنة، وداء السكري، والامراض العصبية، ومشاكل الصحة الإنجابية، وأنواع معينة من السرطان، إلى موجة من الأبحاث التي تتناول الأدوار المسببة، والمساهم فيها الملوثات البيئية، ويوجد حالياً 40.000 مركب كيميائي قيد الاستخدام في الولايات المتحدة الامريكية، وهي مركبات كيميائية صناعية تنتج، وتستورد في الولايات المتحدة الامريكية، (**Fine AM, Patrick L, 2022**).

إن كفاءة تحليل المؤشرات الحيوية تلعب دوراً مهماً في تقدير المخاطر الصحية المحتملة المرتبطة بالملوثات البيئية، ودعم تطوير سياسات الصحة العامة الفعالة، فمن خلال المؤشرات الحيوية يمكن اكتشاف وجود الملوثات وتقييم تأثيرها على الكائنات الحية، ومراقبة التغيرات البيئية التي تسببها الملوثات البيئية، (**توفيق المسطر، محمد الهمالي ،2024**)، ويلعب البول دوراً مهما في تحليل المعادن نظراً لسهولة طريقة جمعه، وتخزينه، وإعداد العينات البسيطة، وبالتالي يتم استخدامه على نطاق واسع كمصفوفة جذابة لتقدير التعرض للعناصر الثقيلة، وتخضع عينة البول للتقييم بثلاث طرق وهما: الفحص البصري، واختبار فحص البول بالشرائط، والفحص المجهري. وتحليل البول اختبار شائع يجرى لعدة أسباب، منها فحص الحالة الصحية للمريض، وتشخيص حالة طبية، أو مراقبة حالة طبية، مثل أمراض الكلى، أو عدوى المسالك البولية، وغيرها.

فمن خلال حصولنا على النتائج السابقة نجد أن تركيز الرصاص في العينات (البول) لدي كل الأطفال المستهدفين للدراسة في المعدل الطبيعي 0.1 ug/l (0.0001mg/L)، وبناء على بعض الدراسات والتي تتحدث عن تركيز الرصاص في عينات البول الطبيعي (للبشر الأصحاء) في عينات البول والذي بلغ (0.035 g/ml)، (**Okonkwo JO, et., al., 2001**)، ولكن بناء على تقارير برنامج الأمم المتحدة للبيئة، ومنظمة الصحة العالمية، لم يتم تحديد مستوي آمن للتعرض للرصاص وبمجرد دخوله إلي الجسم يمكن للرصاص أن يسبب أضراراً دائمة للجهاز العصبي، والقلب، والأوعية الدموية (**الأمم المتحدة، 2022**). فعندما يكون التعرض لمستويات عالية، يهاجم الرصاص الدماغ والجهاز العصبي المركزي ويسبب التخلف العقلي واضطرابات السلوك والتشنجات والغيبوبة وحتى الموت (عن 5 ميكروغرام/ديسيلتر في عينات الدم)، ولكن، حتى وأن كان التعرض للرصاص عند مستويات منخفضة، يمكن أن يُسبب الرصاص مجموعة متنوعة من الأضرار في مختلف أنظمة الجسم، بما في ذلك التأثير على نمو دماغ الأطفال، مما يؤدي إلى انخفاض معدل الذكاء(IQ) ، والتغيرات

السلوكية مثل زيادة السلوك المعادي للمجتمع، وانخفاض مدى الانتباه، وانخفاض التحصيل الدراسي، (**WHO, 2017**). وهذا أكدته نتائج تحليل عينات البول الروتيني، في وجود ترسبات لمعظم الأطفال القاطنين بالقرب من مكب القمامة، (مدرسة الوفاق)، بينما وجود بكتيريا في عينات لكل الطلبة (لمدرستي الوفاق، والاجواد)، دلالة إلى أن التعرض للرصاص يمكن أن يؤثر على وظائف الكلى، مما قد يؤدي إلى تجمع البكتيريا، والترسبات نتيجة لضعف قدرة الجسم على التخلص منها بشكل فعال.

يتباين تركيز الرصاص في البول بشكل كبير مع تركيز الرصاص في الدم، ويمكن أن يظهر تباينًا مرتفعًا نسبيًا بين الأفراد، فإن فقر الدم هو مشكلة صحية شائعة بين الرضع والأطفال. وغالبًا ما يرتبط بانخفاض بعض العناصر النزرة (الحديد والزنك والنحاس) وزيادة المعادن الثقيلة مثل الرصاص (**Hegazy, A., et., al.,2010**)، فمن خلال الدراسات السابقة نجد أن عنصر الرصاص يتحد مع الهيموجلوبين بسهولة ويسبب في فقر دم للأطفال، ولقد كان متوسط تركيز الهيموجلوبين في عينات المدرستان متقارب، ولا توجد فروقات كبيرة، ففي احداها كان (11.2) g/dl ، وفي الأخرى كان (13.05g/dl)، على التوالي. وإن الكريات الحمراء الموجودة في الشُعيرات الدمويّة الدّقيقة في الرّئتين، تقوم بأخذ الأكسجين من الهواء، ومن ثمّ نقله عبر الدّورة الدمويّة إلى كافّة خلايا الجسم، إذ تحتاجه الخلايا للقيام بعمليّة البناء والهدم. فإذا نظرنا لنتائج الاستبيان نجد أن 40% من الأطفال لديهم سعال مستمر، وأن 32% يشعرون بضيق التنفس، بينما 26% لديهم طفح جلدي، أو حكة، لأن التعرض للرصاص يمكن أن يؤثر على الجهاز التنفسي ويزيد من التهاب الشعب الهوائية، مما قد يسبب السعال. كما أن التسمم بالرصاص قد يؤدي إلى تأثيرات على النظام العصبي مما قد يتسبب في الشعور بالضيق والانزعاج العام. وأن 62% من الأطفال المستهدفين للاستبيان يشعرون بالخوف أو القلق من قرب سكناهم بالقرب من مكب القمامة بالمنطقة. فكانت تركيزات الرصاص في عينات البول في هذه الدراسة أقل من تركيزات الرصاص الموجودة في بول عمال المناجم وغيرهم في غانا، (**Adotey et al., 2011**)، وفي بول أطفال المدارس من المناطق الحضرية والريفية في سوازيلاند، (**Okonkwo et al., 2001**)، وفي عينات بول مصلحي الأجهزة الإلكترونية في نيجيريا، (**Lawal, 2014**)، وفي بول الإنسان بعد ممارسة التمارين الشاقة في الصين، (**Tang et al., 2016**)، وكانت تركيزات الرصاص في عينات البول أقل من تركيزات الرصاص الموجودة في عينات بول الأشخاص من مختلف الفئات العمرية في المناطق الصناعية في كاتيدان، الهند، (**Sekhar et al., 2006**)، وفي عينات بول الأطفال المصابين باضطرابات التوحد وأولئك الذين يعانون من اضطرابات التوحد بدون اضطرابات طبية في مصر، (**Blaurock-Busch et al., 2011**).

إن التلوث بالرصاص له تأثيرات سلبية على التطور العقلي والسلوكي للأطفال، وقد يؤدي إلى مشاكل في الدراسة والإعاقة الذهنية، وتشير الدراسات إلى أن التعرض للرصاص يمكن أن يسبب تراجعاً في الأداء الأكاديمي، والتأخر في النمو المعرفي. وتتفاقم هذه المشكلة في المجتمعات التي تشهد مستويات عالية من التلوث بالرصاص، مما يزيد من المخاطر على صحة الأطفال ورفاههم، وفي هذه الدراسة 61% من الأطفال لديهم مشاكل في الدراسة، والسلوك، وأن 39%، لديهم إعاقات ذهنية.

الخلاصة:

يؤثر التلوث على جميع أنحاء الأرض وسكانها، وهو أكبر مسبب بيئي للأمراض والوفيات المبكرة في العالم، وفي دراسة لليونيسف تكشف تسمم ثلث أطفال العالم بمادة الرصاص، وأن تعرض الأطفال للتلوث بالرصاص يقوض جيلا من الإمكانات، فكل عام، يموت ما يُقدّر بمليون شخص من التسمم بالرصاص، ويتعرّض ملايين آخرون كثير منهم من

الأطفال، لمستويات منخفضة من الرصاص مما يتسبب لهم بمشاكل صحية مدى الحياة، بما في ذلك فقر الدم وارتفاع ضغط الدم والسموم المناعية، وسمية الأعضاء التناسلية.

إن الرصاص هو سم عصبي قوي يسبب ضررا لا يمكن إصلاحه لأدمغة الأطفال، وهو مدمر بشكل خاص للرضع والأطفال الذين تقل أعمارهم عن خمس سنوات، مما يتسبب في إعاقتهم العصبية والمعرفية والبدنية مدى الحياة، ويقول تقرير الأمم المتحدة إن التعرض للرصاص في مرحلة الطفولة مرتبط أيضا بالصحة العقلية والمشكلات السلوكية، وبزيادة الجريمة والعنف.

تتسم منطقة سيدي السائح (موضوع الدراسة)، بقرب القاطنين منها بمكب القمامة، والذي لا تراعى فيه المتطلبات البيئية، والصحية، فتسبب في تلوث المياه الجوفية بالرصاص، وهذا التلوث ينعكس سلباً على المصادر الغذائية، والزراعية في المنطقة، حيث تعد منطقة سيدي السائح في التخطيط العمراني منطقة زراعية، إلا أنها تحولت بسرعة لتصبح منطقة صناعية.

ولكن يمكن تجنب التلوث الناتج عن المكب في المنطقة، من خلال الإدارة البيئية السليمة للمكب، للاستفادة منه في استحداث الطاقة النظيفة، وكسماد للتربة، والاستفادة من المخلفات الصلبة في إعادة التدوير في المصانع المحلية، ليصبح كحديقة عامة في المنطقة.

فإننا بحاجة إلى التعريف بأهمية الكشف المبكر أثناء تعرض الأطفال للملوثات البيئية، فإن التدخين، وتلوث الهواء، وتلوث الغذاء، وتلوث المياه، تعتبر عوامل خطر بيئية على صحة أطفالنا أثناء الطفولة، فيتعين على العاملين في مجال الرعاية الصحية، ان يكونوا على دراية كاملة بتأثيرات هذه العوامل على صحة أطفالنا، وعلى مستقبلهم.

التوصيات:

تثقيف وتوعية المواطنين بمخاطر التعرض للرصاص، والبحث عن الحلول المناسبة.

- تثقيف وتوعية المواطنين بضرورة مراجعة السلطات بالدولة الليبية لإدارة مكبات القمامة، والاستفادة منها في المنطقة، كمصدر للطاقة النظيفة، واعلاف للتسميد، وحدائق عامة.
- التوصية باتباع نهج منسق بين بلدية سيدي السائح وأجهزة الدولة في ليبيا، لبناء نظم للرصد، والابلاغ، ووضع تدابير الوقاية، والمكافحة.
- إنشاء شبكات إقليمية والمشاركة فيها، لتحقيق نتائج أفضل في مجالات الصحة العقلية والتغذية السليمة، حتى يتمكن الجميع من الاستفادة من برامج الكشف المبكر للتلوث على صحة الأطفال.

الشكر والتقدير:

نود أن نتقدم بشكرنا العميق لأعضاء هيئة التدريس في قسم العلوم البيئية، وللطالبات لمجهوداتهم في إنجاز في هذا البحث.

المراجع

أولاً: المراجع العربية:

الأمم المتحدة. (2022، 24 أكتوبر). *فلنقل لا للتسمم بالرصاص*. أخبار الأمم المتحدة. تم الاسترداد من https://news.un.org/ar/story/2022/10/1114427

المسطر، ت. م.، والهمالي، م. ف. (2024). تقييم كفاءة المؤشرات الحيوية للأشخاص المعرضين للتلوث البيئي. *المجلة الدولية للعلوم والتقنية، 34*، 5.

الصطوف، ع. ا. ح. (1995). *التلوث البيئي (ومصادره وآثاره وطرق الحماية)* (ط. 1). إصدارات جامعة سبها.

عبد العظيم، وآخرون. (1990). *علم السموم الحديث* (ط. 1). دار المستقبل للنشر والتوزيع.

ثانياً: المراجع الأجنبية:

Adotey, J. P., Bentum, J. K., Koranteng-Addo, E. J., & Baah, F. K. (2011). Comparative studies of some heavy metals in the urine of people engaged in mining and non-miners. *Journal of Chemical and Pharmaceutical Research, 3*(5), 148–153.

Bergdahl, I. A., & Skerfving, S. (2022). Lead. In G. Nordberg & M. Costa (Eds.), *Handbook on the toxicology of metals* (5th ed., Vol. II). Elsevier.

Blaurock-Busch, E., Amin, O. R., & Rabah, T. (2011). Heavy metals and trace elements in hair and urine of a sample of Arab children with autistic spectrum disorder. *Maedica, 6*(4), 247–257.

Bora, S., et al. (2021). Pollution and health risk assessment of toxic metals in solid waste dumping site soil and its impact on groundwater: A case study. *International Journal of Environmental Analytical Chemistry, 103*(3), 1–21. https://doi.org/10.1080/03067319.2020.1862813

Fine, A. M., & Patrick, L. (2022). Environmental medicine: Exploring the pollutome for solutions to chronic diseases. *Exploratory Research and Hypothesis in Medicine, 33*(3), 719–732.

Gad, A., Saleh, A., Farhat, H. I., Dawood, Y. H., & Abd El Bakey, S. M. (2022). Spatial distribution, contamination levels, and health risk assessment of potentially toxic elements in household dust in Cairo City, Egypt. *Toxics, 10*(8), 466. https://doi.org/10.3390/toxics10080466

Jaishankar, M., Tseten, T., Anbalagan, N., Mathew, B. B., & Beeregowda, K. N. (2014). Toxicity, mechanism and health effects of some heavy metals. *Interdisciplinary Toxicology, 7*(2), 60–72. https://doi.org/10.2478/intox-2014-0009

Laborde, A., Tomasina, F., Bianchi, F., Bruné, M.-N., Buka, I., Comba, P., Corra, L., et al. (2014). Children's health in Latin America: The influence of environmental exposures. *Environmental Health Perspectives, 123*(3), 201–209.

Lawal, M. (2014). *Levels of lead, cadmium and chromium in blood, urine, nail and hair samples of electronic repairers in Kaduna Metropolis, Nigeria* [Doctoral dissertation, Ahmadu Bello University].

Levin, R., Vieira, C. L. Z., Rosenbaum, M. H., Bischoff, K., Mordarski, D. C., & Brown, M. J. (2021). The urban lead (Pb) burden in humans, animals and the natural environment. *Environmental Research, 193*, 110377. https://doi.org/10.1016/j.envres.2020.110377

Okonkwo, J. O., Lwenje, S. M., Mtetwa, V. S., Gumedze, P. N., & Shilongonyane, M. M. (2001). Determination of urinary lead in school children in Manzini, Swaziland, Southern Africa. *The Environmentalist, 21*(3), 205–209.

Oves, M., & Khan, M. S. (2016). Heavy metals: Biological importance and detoxification strategies. *Journal of Bioremediation & Biodegradation, 7*(2).

Parsa, N. (2012). Environmental factors inducing human cancers. *Iranian Journal of Public Health, 41*(11), 1–9.

Purohit, V., Khalsa, J., & Serrano, J. (2005). Mechanisms of alcohol-associated cancers: Introduction and summary of the symposium. *Alcohol, 35*(3), 155–160. https://doi.org/10.1016/j.alcohol.2005.05.001

Schwartz, J. (2004). Air pollution and children's health. *Pediatrics, 113*(3 Suppl), 1037–1043.

Sekhar, K. C., Chary, N. S., Kamala, C. T., Vairamani, M., Anjaneyulu, Y., Balaram, V., & Sorlie, J. E. (2006). Environmental risk assessment studies of heavy metal contamination in the industrial area of Kattedan, India—a case study. *Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal, 12*(2), 408–422.

Seto, M., Honma, K., & Nakagawa, M. (2010). Diversity of genome profiles in malignant lymphoma. *Cancer Science, 101*(3), 573–578. https://doi.org/10.1111/j.1349-7006.2009.01452.x

Shih, R. A., Hu, H., Weisskopf, M. G., & Schwartz, B. S. (2006). Cumulative lead dose and cognitive function in adults: A review of studies that measured both blood lead and bone lead. *Environmental Health Perspectives, 114*(3), 483–492.

Sly, P. D., Trottier, B., Carpenter, D., Cha'on, U., Cormier, S., Galluzzo, B., Ghosh, S., Goldizen, F., Heacock, M., Jagals, P., Joshi, H. D., Kathuria, P., Ha, L. T., Magsumbol, M. S., Navasumrit, P., Prabhakaran, P., Sen, B., Skelly, C., Suraweera, I., … Suk, W. A. (2019). Children's environmental health in South and Southeast Asia: Networking for better child health outcomes. *Annals of Global Health, 85*(1), 17. https://doi.org/10.5334/aogh.2403

Stephan, L. (2014, June 13). In developing world, pollution kills more than disease. *Inter Press Service*. http://www.ipsnews.net/2014/06/in-developing-world-pollution-kills-more-than-disease/

Tang, S. X., Yu, X. Z., & Wu, C. N. (2016). Comparison of the levels of five heavy metals in human urine and sweat after strenuous exercise by ICP-MS. *Journal of Applied Mathematics and Physics, 4*, 183–188.

World Health Organization. (2017). *Lead poisoning and health* (Fact sheet). https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/lead-poisoning-and-health

Early Detection of Lead Pollution in Children (A Preliminary Applied Study in the Sidi Al-Sayeh Area, Libya)

Mohamed Faraj Abdel-Sadek, Mohamed Bashir Al-Mabrouk, Hamed Babai, Tawfiq Al-Mastar

Department of Environmental Sciences, Al-Zaytuna University, Tripoli, Libya.

Abstract

Pollution is sometimes referred to as the invisible killer, and health statistics measure disease, not pollution. This study aims to raise awareness of the early symptoms of lead

pollution in children. The study was conducted in the Sidi Al-Sayeh area of Tripoli, where an unregulated garbage dump is located. We used an atomic absorption spectrometer (220g) to measure lead concentration in urine samples and compared the results with complete blood count (CBC) analysis of blood samples from all 19 children (boys and girls) aged 12-15, along with a questionnaire. The study concluded that the lead concentration in the urine samples of all children was 0.1 Ug/L (equivalent to 0.01 ug/dL). Through analysis (CBC) in the laboratory, the average total hemoglobin concentration differed among the students, compared to children living further away from the landfill. Their average total hemoglobin concentration was 13.5 g/dL, and the percentage of red blood cells also differed. The routine urine samples in the medical laboratory contained sediment and bacteria, compared to the children living further away from the landfill. Through the questionnaire, we find that 40% of the students had a persistent cough, 32% felt short of breath, 26% had a skin rash or itchy skin, 61% had problems with studying and behavior, and 39% of them had an intellectual disability.

Keywords: Early detection; Pollution; Lead; Urine