

دراسة تأثير صرف مياه الصرف الصحي غير المعالجة على خصائص مياه ورسوبيات شاطئ البحر بمدينة زليتن، غرب ليبيا

رمضان علي موسى

قسم علم البيئة، كلية العلوم، الجامعة الأسمرية الإسلامية، زليتن، ليبيا.

البريد الإلكتروني: rmdaan2012@gmail.com

Study of the Effect of Untreated Sewage Discharge on the Characteristics of Seashore Water and Sediment in Zliten City, Western Libya

Ramadan A. Mousa

Department of Environmental Science, Faculty of Sciences, Alasmarya Islamic University, Zliten, Libya.

Received: 01 October 2021; Revised: 15 November 2021; Accepted: 01 December 2021.

الملخص

هدفت الدراسة إلى تحليل مجموعة من عينات مياه ورسوبيات شاطئ مدينة زليتن بالمنطقة المتواجدة بالقرب من مخرج تصريف مياه الصرف الصحي غير المعالج، وكذلك عينات للمياه من مسافات متباعدة داخل البحر و مقارنتها بنتائج الدراسات السابقة وذلك لمعرفة مستوى تلوث مياه البحر والرسوبيات بمنطقة الدراسة. تم تجميع عدد 10 عينات للمياه السطحية وعدد 17 عينة للتربة الرسوبية، تم قياس كل من الموصلية الكهربائية (EC) وقيم الأس الهيدروجيني (pH) ومستوى الأملاح الذائبة الكلية (TDS) لعينات مياه البحر، كما تم تحديد الحجم الحبيبي لعينات رسوبيات البحر، كما تم قياس تراكيز العناصر الثقيلة في كليهما والمتمثلة في عناصر النحاس والرصاص والزنك والكاديوم. بينت نتائج الدراسة أن الأملاح الذائبة الكلية تراوحت ما بين 35.1 و 37.8 جم/لتر بمياه البحر قيد الدراسة بالقرب من مخرج صرف مياه الصرف الصحي لمياه البحر وتبين أن مياه الصرف الصحي تعمل على خفض تركيز الأملاح الذائبة الكلية بمنطقة المصب، حيث تزداد الملوحة باتجاه البحر تدريجياً كلما ابتعدنا عن مواضع القاء مياه الصرف الصحي كما أن قيم التوصيل الكهربائي ازدادت بزيادة الأملاح الذائبة الكلية. وكذلك بينت نتائج دراسة رسوبيات الشاطئ قيد الدراسة تدرج رماله ما بين الرمل الناعم و الرمل المتوسط، حيث يتراوح التصنيف ما بين جيد الفرز والجيد جداً ويتراوح تماثل توزيع أحجام رواسب الشاطئ ما بين الحيود السالب والموجب وهو متمائل في أغلبه. وبصفة عامة تتعرض رمال الشاطئ بمنطقة الدراسة لمستويات مختلفة من الطاقة. وأن تراكيز العناصر الثقيلة لرسوبيات الشاطئ ملوثة بعناصر الكاديوم و النحاس و الرصاص و الزنك؛ بأعلى قيمها غرب مرسى الصيد عند التقاء مياه الصرف الصحي بمياه البحر حيث توجد الطاقة الأقل لمياه البحر والرسوبيات الأنعم نسبياً، وهذا يشير إلى تأثير مياه البحر والرسوبيات بالقرب من مصب مياه الصرف الصحي بما تحويه من عناصر ثقيلة ناجمة عن عمليات صرف مياه الصرف الصحي غير المعالجة.

الكلمات الدالة: مياه الصرف الصحي، الخصائص الكيميائية والفيزيائية، رسوبيات شاطئية، زليتن.

Abstract

The study aimed to analyze a set of water and sediment samples from the beach of the city of Zliten in the area located near the untreated sewage discharge outlet, as well as water samples from distant distances inside the sea and compare them with the results of previous studies in order to know the level of pollution of seawater and sediments in the study area. 10 surface water samples and 17 sedimentary soil samples were collected. Electrical

conductivity (EC), pH values, and total dissolved salts (TDS) level of seawater samples were measured. The grain size of sea sediment samples was also determined. Measuring the concentrations of heavy elements in both of them, which are copper, lead, zinc, and cadmium. The results of the study showed that the total dissolved salts ranged between 35.1 and 37.8 g/L in the seawater under study near the sewage drainage outlet of the seawater. Gradually the farther from the wastewater dumping sites, the electrical conductivity values increased with the increase of the total dissolved salts. The results of the study of the sediments of the beach under study also showed the gradation of its sand between fine sand and medium sand, where the classification ranges between well-sorted and very good, and the symmetry of the size distribution of beach sediments ranges between negative and positive ridges, which is mostly identical. In general, beach sand in the study area is exposed to different levels of energy, and the concentrations of heavy metals in the beach sediments are polluted with cadmium, copper, lead, and zinc; Its highest values are west of the fishing marina at the meeting of sewage water with seawater, where there is less energy for seawater and relatively fine sediments.

Keywords: Wastewater, Chemical and physical properties, Seashore sediments, Zliten.

1. المقدمة

يشهد العالم تطوراً واسعاً عمراني كبير وكثافة سكانية عالية في المدن المطلة على السواحل البحرية وعلى ضفاف الأنهار، وذلك لأهمية هذه المناطق المائية في العديد من المجالات منها المواصلات، إدارة الصناعات المختلفة، وفرة الغذاء، ملائمة المناخ لاسيما في المناطق المعروفة بارتفاع الحرارة مثل مناطق حوض البحر الأبيض المتوسط الجنوبية وإمكانية الحصول على مياه الشرب للاستخدام المنزلي بعد تحليتها؛ إلا أن ذلك وفي المقابل ينتج عنه استهلاك كميات هائلة من المياه لتلبية الاحتياجات اليومية للأغراض المنزلية والصناعية، وبالتالي توليد كميات هائلة من مياه الصرف الصحي، والتي غالباً ما يتم تصريفها في البحار والأنهار. تعتبر مياه الصرف الصحي عامل مهم يسهم في تلوث البيئة ومكوناتها من تربة ومياه، بالإضافة إلى كونها تدمر الحياة والبيئة البحرية، فإنها تتسبب في انهيار عدة جوانب أهمها الجانب السياحي والاقتصادي للوطن.

لقد خلق الله النظام المائي في الكون خالياً من الملوثات ونظيفاً بشكل مطلق، إلا أن الإحصائيات والدراسات العلمية حول العالم تشير إلى أن المصدر الرئيسي للحالة المزرية التي وصلت إليها مياه الأنهار والبحار كان أحد أهم أسبابها الإنسان (Anthropogenic) (بشكل مباشر أو غير مباشر) عن طريق صرف مخلفات أنشطته المنزلية والصناعية والزراعية فيها. إن هذه الملوثات أياً كان نوعها فهي غالباً ما تحمل ضمن مكوناتها مجموعة من المواد الكيميائية الخطرة مثل المعادن الثقيلة والمركبات العضوية كالبتروكيماويات والأحياء الدقيقة (Microorganisms) كالبكتيريا المرضية، الجراثيم، الطفيليات، الديدان الخيطية المعوية والفيروسات وغيرها مما يجعلها تشكل خطراً على صحة الإنسان، نظراً لانتقال هذه الملوثات ضمن السلسلة الغذائية التي يعتمد في جزء منها على الأحياء البحرية كالأسماك والأعشاب والطحالب البحرية.

وتعرف مياه الصرف الصحي (Municipal Sewage Wastewater) (مياه المجاري أو المياه العادمة) على أنها المياه الناتجة عن أنشطة الإنسان في الأماكن السكنية والمصانع والمزارع؛ وتحتوي المياه غير المعالجة حسب المصدر على ملوثات متنوعة ذاتية وعالقة، عضوية وغير عضوية ومواد كيميائية معقدة التركيب ضارة بالبيئة والصحة العامة، وكذلك تراكيز معادن ثقيلة تختلف تكويناً ونوعاً حسب المخلفات التي تصل إلى شبكات الصرف، بالإضافة إلى المنظفات الصناعية والمواد التي تستخدم في الأغراض المنزلية وغيرها. بالإضافة إلى ذلك تحتوى المخلفات الأدمية بمياه الصرف الصحي على أعداد هائلة من البكتيريا (غريبة والفرحان، 2002). كما تعرف مياه الصرف الصحي على أنها تلك المياه التي تشمل مياه المنازل والمستشفيات والفنادق المستعملة، وهي بدورها تشمل مياه مطابخ وحمامات ومراحيض مكونة في طياتها فضلات آدمية تقدر للفرد الواحد في المدن بحوالي 9 جم من المواد

الغائطية و 1,200 ملليتر من البول يومياً (أبولقمة، 2004)، وبديهي أن تكون مختلفة في كمياتها ومكوناتها من مدينة إلى أخرى حسب مستوى المعيشة. إضافة إلى ذلك، ففي العديد من الدول لا سيما النامية منها تصرف برفقة تلك المياه مياه الأمطار والسلخانات والطرق العامة ومياه غسيل المركبات الآلية ومياه الورش الخدمية والمصانع ومختبرات التحاليل الطبية حيث تلقى جميعها في شبكة صرف موحدة (قويدر، 2007).

تعتمد المكونات التي تشكل مياه الصرف الصحي غير المعالجة على نوع أنظمة التجميع المستخدمة لذلك الغرض وتشمل التالي: (1) مياه الصرف المنزلي (مياه الصرف الصحي)، وهي المياه العادمة التي تنطلق من الأماكن المنزلية و التجارية والتعليمية وما شابه ذلك، (2) مياه الصرف الصناعي، والتي يتم جمعها من المياه التي تتدفق من المصانع والمراكز الخدمية الورشية وغيرها، وأخيراً مياه صرف الأمطار (Metcalf et al., 1991). يوجد في العديد من دول العالم النامي افتقار إلى شبكات فصل تلك المياه العادمة المتنوعة عن بعضها، أي يتم خلط مياه الصرف المنزلي بمياه الصرف الصناعي وصرف مياه الأمطار عبر شبكة تصريف مشتركة (قويدر، 2007).

تحتوي المياه العادمة على أكثر من 99.9% ماء، ورغم ذلك فإن المواد المتبقية لها تأثيرات كبيرة على الوسط البيئي ما لم تتم معالجة تلك المياه (حسن، 1996). وتصنف المواد المتبقية إلى مواد صلبة عالقة (Suspended) بنسبة 30.5%، منها ما هو مستقر Settleable بنسبة 22.2% وأخر غير مستقر Non-Settable بنسبة 8.3%، إضافة إلى مواد صلبة قابلة للترشيح (Filterable) بنسبة 69.5% منها ما يسمى بالغرويات (Colloidal) التي تشكل 6.9% والأخر وهو النوع الذائب (Dissolved substances) بنسبة 62.6% (Metcalf et al., 1991)؛ من ضمن تلك المواد تتواجد كميات وتراكيز من المعادن الثقيلة تختلف تكويناً ونوعاً حسب أنواع المخلفات التي تصل لشبكة الصرف الصحي ونوع الشبكة المخصصة لتجميع تلك المخلفات (العدوي، 2005).

أشارت العديد من الدراسات البحثية إلى أن تراكيز الملوثات تزداد بجميع أنواعها في المسطحات المائية العذبة والمالحة، بعد أن كانت شرايين حياة تحمل الرفاهية والصحة للإنسان، فقد أصبحت سبباً من أسباب هلاكه؛ ولعل أبرزها ما جاء في تقرير منظمة الصحة العالمية في دراسة البنك الدولي عن العالم الثالث والتي أشارت إلى أن حوالي 9.0 مليون شخص يموتون سنوياً في الدول النامية بسبب أمراض تلوث المياه وسوء التغذية (WHO, 1975). وفي الوقت الذي يشهد فيه البحر الأبيض المتوسط تلوث ناشئ عن أنشطة بشرية، حيث يقطن جميع سواحل الحوض حوالي 122 مليون نسمة، ينتج عنهم تلوث بحوالي (5,700 مليون م³) من المخلفات البشرية معظمها متمثلة في تصريف مياه الصرف الصحي غير المعالجة بالإضافة إلى آلاف الاطنان من الملوثات التي تجلبها الأنهار وعشرات الاطنان التي تترسب من الجو و(100,000 طن) من البترول سنوياً، ويوضح الجدول (1) كمية الملوثات التي تدخل البحر الأبيض المتوسط من جميع الأصناف (عون، 2002).

جدول 1. كمية الملوثات التي تصرف في البحر المتوسط سنوياً (عون، 2002).

تسلسل	نوع الملوث الذي تصرف للبحر	الكمية بالطن/سنة
1	متطلبات الأكسجين الكيميائي	12,045,000
2	متطلبات الأكسجين الحيوي	4,841,000
3	النيتروجين	975,000
4	الفوسفور	381,000
5	الزئبق	130,000
6	الخصائص	25,000
7	المنظفات الصناعية	18,000
8	زيوت معدنية	120,00
9	الرصاص	4,813.3
10	الكروم	2,805
11	مركبات الكلور العضوية	90
12	القصدير	16
13	النيكل	8
14	النحاس	7.4

كما وتؤدي زيادة تراكيز العناصر الثقيلة في المكونات الغذائية عن الحدود القصوى المسموح بها إلى أضرار صحية بالغة التعقيد نظراً لتمييزها بالتراكم الحيوي (Bioaccumulation)، وعدم قابليتها للتحلل الحيوي (Non-Biodegradability) إضافةً إلى كونها تسبب أضراراً صحية أحياناً مميتة عند تراكيز ضئيلة جداً (غرايية، ويجي، 2002؛ الحزمي 2006)، وتؤدي إلى التسبب في العديد من الأمراض. فزيادة تراكيز الخارصين (Zn) والنحاس (Cu) تؤدي إلى التسمم ويكون من أعراضه جفاف الحلق والسعال والضعف والإغماء والتهابات جلدية، ويعتبر الكاديوم (Cd) أيضاً من العناصر شديدة الخطورة على الإنسان بسبب قابليته العالية للتراكم وإسهامه في خلق حالة من التسمم، وكونه من الناحية الفسيولوجية يشبه الكالسيوم (Ca)، لذلك فهو غالباً ما يتراكم في العظام مسبباً له الهشاشة، ومن أعراضه وطرق تشخيصه أيضاً هو ملاحظة وجود حواف صفراء حول جذور الأسنان وتلف الأنسجة المخاطية في الأنف والحنجرة. بينما يعد الرصاص (Pb) من أخطر العناصر التي تؤدي إلى سمية شديدة ويصل إلى جسم الإنسان عادة عبر الامتصاص المعوي أو الجهاز التنفسي على حد سواء وينتقل بسرعة عن طريق الدم إلى العظام ويتراكم به وكذلك في الدماغ. يتنافس الرصاص (Pb) مع الحديد (Fe) في تكوين الهيموجلوبين (Hemi-globulin)، فيؤثر في عملية بنائها ومن أعراض التسمم بالرصاص (Pb) أيضاً حدوث تشنجات عصبية وفقدان في التوازن والقيء وفقدان الشهية (Doull et al., 1980).

من ناحية أخرى، عندما تستقبل البيئة المائية كميات كبيرة من أملاح الكربونات (CO_3^{2-}) والبيكربونات (HCO_3^{-}) القلوية، مما يعني ارتفاع رقم الأس الهيدروجيني (pH)، فإن ذلك يساعد على زيادة ترسيب العناصر الثقيلة في المياه؛ بينما تؤدي زيادة أملاح النترات (NO_3^{-}) والفوسفات (PO_4^{3-}) إلى زيادة نمو الطحالب وبالتالي استنفاد كميات كبيرة من العنصر الحيوي الأكسجين، وتصبح المياه عكره فتعوق نفاذ الضوء ليرتدب عليه موت وتحلل الطحالب (ظاهرة الإثراء الغذائي). بشكل عام، تتمثل خطورة التلوث البحري بفعل تصريف مياه الصرف الصحي المنزلية والصناعية في القضاء على الأحياء

المستعملة كغذاء للأسماك والتأثير على هجرة الأسماك، حلقات الغذاء، سلوك الاحياء، أماكن وضع البيض، دورة الحياة والتفاعلات الفسيولوجية، كما أنها تسهم في انتشار الأمراض. كما أن للتلوث البحري بفعل مياه الصرف الصحي تأثيرات أخرى تكمن في التأثير على الصيد، أماكن الصيد ونتاج المصائد وأخيراً لا يمكن تجاهل تأثير التلوث البحري على الإنسان الذي يعتمد على الأسماك والطحالب البحرية ضمن سلسلته الغذائية (Adriano, 2001; Abdel Hamid & Gawish, 1998).

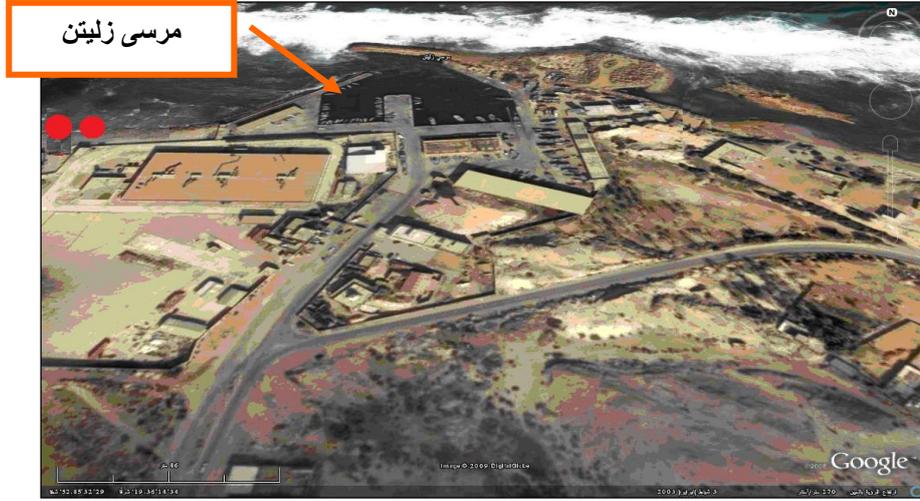
وحيث أن ليبيا عموماً شهدت منذ زمن ليس بالبعيد تطور واتساع عمراني كبير وكثافة سكانية عالية في المدن لاسيما المطلة على حوض البحر الأبيض المتوسط ومن ضمنها مدينة زليتن، مما نتج عنه بشكل طبيعي استهلاك و صرف كميات هائلة من المياه لتلبية الاحتياجات اليومية للأغراض المنزلية والصناعية، وفي المقابل نتج عن ذلك توليد كميات هائلة من مياه الصرف غير المعالجة. يؤدي الافتقار للتخطيط العمراني السليم، وانعدام فصل شبكات مياه الصرف الصحي المنزلي عن الصناعي والاقتصار على مركز وحيد لمعالجة مياه الصرف الصحي داخل مدينة زليتن التي تعج بضخامة سكانية إلى صرف تلك المياه العادمة بشكل غير منظم عبر مصبات إلى البحر؛ فتعتبر تلك المياه عنصر تلوث للبيئة ومكوناتها المتمثلة في تربة ومياه البحر الأبيض المتوسط. حيث أن عملية تصريف مياه الصرف الصحي غير المعالجة (مياه المجاري) وما تحتويه من مواد عضوية وأنيونات وكاتيونات وعناصر كيميائية مثل المعادن الثقيلة، تعتبر أحد المصادر الهامة للإسهام في تلوث الحياة البحرية. لذا تهدف الدراسة إلى تحليل مجموعة من عينات مياه ورسوبيات شاطئ مدينة زليتن بالمنطقة المتواجدة بالقرب منها مخرج تصريف مياه الصرف الصحي غير المعالج، وكذلك عينات للمياه من مسافات متباعدة داخل البحر و ومقارنتها بنتائج الدراسات السابقة وذلك لمعرفة مستوى تلوث مياه البحر والرسوبيات بمنطقة الدراسة.

1.1. موقع الدراسة

تم اختيار منطقة الدراسة بمدينة زليتن والتي تقع على الساحل الغربي لليبييا، على مسافة 150 كم تقريباً شرق العاصمة طرابلس، تحدها من الغرب مدينة الخمس، مصراتة شرقاً، بني وليد جنوباً، والبحر المتوسط شمالاً، عند تقاطع خط طول 27° 32' شمالاً وخط عرض 14° 34' شرقاً والمبينة بالشكل (1)، ويتواجد بها مخرج لتصريف مياه الصرف الصحي غير المعالجة الخاصة بعدد من المناطق السكنية ويبعد الموقع مسافة 1.5 كم تقريباً عن مركز المدينة. ويبين الشكلان (2 و 3) المشاهدة الحقلية لمصب بصرف مياه الصرف الصحي للمدينة غرب المرسى.



شكل 1. صورة فضائية توضح موقع مدينة (زليتن) المعنية بالدراسة في الجهة الغربية من ليبيا (المصدر: www.googleearth.com)



شكل 2. صورة فضائية لمرسى زليتن البحري. (الدوائر ذات اللون الاحمر تمثل أماكن مخارج تصريف مياه الصرف الصحي؛
(المصدر: www.googleearth.com)



شكل 3. أنبوب تصريف مياه الصرف الصحي الغير معالجة غرب مرسى زليتن (المصدر: عدسة الباحث عند القيام بالعمل الميداني)

2. المواد وطرق البحث

1.2. جمع العينات

تناولت الدراسة الميدانية التعرف على خصائص الشاطئ ذات العلاقة بالدراسة مدعمة بالصور مع جمع عينات متمثلة في الآتي:
أ) عشر (10) عينات للمياه السطحية: (عمق 50 سم) الممثلة بعينات مياه داخل مرسى زليتن وغرب وشرق المرسى، وتم وضعها في قنينات بلاستيكية معقمة ونظيفة سعتها 1.5 لتر. تم جمع العينات عند مجموعة من الإحداثيات على طول الشاطئ ومن داخل البحر على مسافات شبه متقاربة ومتساوية تم تحديدها في صورة إحداثيات فلكية بواسطة جهاز نظام تحديد المواقع

الجغرافية العالمي GPS من نوع GARMIN طراز GPS-76CSX والمبيئة بالشكل (4) ويبين الجدول (2) الاحداثيات الفلكية لكل المواقع التي اخذت منها عينات المياه المعنية بالدراسة.



شكل 4. يوضح مواقع جمع عينات مياه البحر بمنطقة مرسى زليتن (حول نقطة مصب الصرف الصحي).

جدول 2. إحداثيات مواقع جمع العينات.

تسلسل	خطوط العرض - شرقا	خطوط الطول - شمالا
1ع	°14 `33 `33.3	°32 `29 `57.1
2ع	°14 `33 `35.3	°32 `29 `50.5
3ع	°14 `33 `36.0	°32 `30 `10.3
4ع	°14 `34 `07.0	°32 `30 `02.4
5ع	°14 `34 `07.5	°32 `30 `07.2
6ع	°14 `34 `09.7	°32 `30 `12.4
7ع	°14 `35 `20.4	°32 `30 `04.9
8ع	°14 `35 `18.9	°32 `29 `59.7
9ع	°14 `35 `18.7	°32 `29 `52.6
10ع	°14 `34 `14.6	°32 `29 `59.5

(ب) سبعة عشر (17) عينة رسوبية شاطئية: تم جمعها وتعبئتها في أكياس بلاستيكية بمناطق مخارج تصريف مياه الصرف الصحي غير المعالجة في اتجاه غرب وشرق مرسى مدينة زليتن، حيث تم نقل عدد 12 عينة منها لغرض التحليل المنخلي، وعدد 5 عينة لغرض تعيين مستوى تراكيز العناصر الثقيلة بها.

2.2. التحاليل الحقلية

تم تعيين التوصيل الكهربائي لجميع العينات قبل جمعها في قنينات في عين المكان ومباشرةً من على ظهر القارب باستخدام جهاز متعدد الوظائف وهو من نوع Hach طراز MP6 صنع بالولايات المتحدة. كما تم قياس كل من قيم الأس الهيدروجيني (pH) ومستوى الأملاح الذائبة الكلية (TDS) لعينات مياه البحر بنفس الجهاز.

3.2. التحاليل الفيزيائية

تم تحديد الحجم الحبيبي لعينات رسوبيات البحر وذلك لجميع العينات الرسوبية باستعمال مناخل مزودة بجهاز هزاز (Electrical sieve screen shaker) من نوع Endecotts طراز EFL2 mk3 أسترالي الصنع. حيث تم تجهيز العينات للتحليل المنخلي وفق الخطوات التالية:

- غسل العينة بالماء عدة مرات لإزالة الأملاح والشوائب.
- تجفيف العينة في فرن عند درجة حرارة 105°م لمدة 24 ساعة.
- وضع كل عينة على حدة في جهاز المناخل الكهربائي الهزاز الحامل لمجموعة من الغرايبل بفتحات (2، 1، 0.5، 0.25، 0.125، 0.063 مم) وتشغيل الجهاز لمدة 15 دقيقة.
- وزن كل محتوى غربال على حدة.
- ثم تم إجراء الطريقة الحسابية التالية:
- وضع نتائج عمليات النخل في جداول ثم رسم المنحنيات والتي منها يتم استخلاص قيم 84Ø، 50Ø، 16Ø، 5Ø.
- حساب المعاملات الحجمية ودراستها وتحليلها من خلال تمثيلها بيانياً وتفسيرها باتباع مقياس (Friedman, 1967).
- تم حساب قيم المعاملات الحجمية للعينات باستخدام معادلات (Folk & Ward, 1957) وهي كالتالي:

$$(1) \dots\dots Mz = \frac{\emptyset 16 + \emptyset 50 + \emptyset 84}{3} = \text{الحجم الحبيبي المتوسط (Graphic Mean)}$$

- معامل التصنيف البياني الشامل (Inclusive Graphic Standard Deviation) يبين هذا المعامل نوعية العينة من حيث درجة تصنيف المواد المترسبة حول الحجم المتوسط، من أهما ذات رتبة حجمية واحدة أو أهما خليط من عدة حجومات حسب المعادلة الآتية:

$$(2) \dots\dots \delta 1 = \frac{\emptyset 84 - \emptyset 16}{4} + \frac{\emptyset 95 - \emptyset 5}{6.6} = \text{معامل التصنيف البياني الشامل}$$

- معامل الحيود أو الانحراف البياني الشامل (Inclusive Graphic Skewness) يبين الحجم الذي تشغله حبيبات العينة من حيث النعومة والخشونة من المعادلة الآتية:

$$(3) \dots\dots SK1 = \frac{\emptyset 84 + \emptyset 16 - 2\emptyset 50}{2[\emptyset 84 - \emptyset 16]} + \frac{\emptyset 95 + \emptyset 5 - 2\emptyset 50}{2[\emptyset 95 - \emptyset 5]} = \text{معامل الحيود أو الانحراف البياني الشامل}$$

4.2. التحاليل الكيميائية

1.4.2. عمليات الاستخلاص والهضم للعينات

تم استخدام مواد كيميائية عالية النقاوة (Analytical grade)، وقد كان الشابك العضوي (Chelating compound) مكون من مركب (Amoniumpyridine Dithio Carbonate, APDC)، بينما المذيب العضوي فهو عبارة عن المذيب (Methyl Iso Butyl Ketone, MIBK)، وكليهما من شركة (Merck, England). بينما كان حمض النيتريك 65%.

وحمض الهيدروكلوريك بتركيز 37% كليهما من شركة (Reidel-DeHaen, Germany). تم غسل كل المواد الزجاجية وباقي الأدوات المستعملة في العمل بالماء المقطر بعد غمرها في حمض النيتريك 10% لمدة من الزمن.

أ) عملية الاستخلاص السائلي لعينات مياه البحر

- تم نقل 250 مل من عينة مياه البحر إلى قمع فصل وإضافة 50 مليلتر من المحلول المنظم و 1.0 مليلتر من 1.0% من الشابك العضوي (Amoniumpyridine Dithio Carbonate, APDC).
- إضافة 10 مليلتر من المذيب (Methyl Iso Butyl Ketone, MIBK) إلى محتوى القمع وتركه لفترة من الزمن ناتجاً عنه تكوين طبقتين.
- فصل الطبقة العلوية عن الطبقة السفلية في قنينة بسعة 25 مليلتر.
- تكرار الخطوة 2 و 3 مرتين وفي كل مرة يتم فصل الطبقة العلوية وإضافة محتواها إلى السابقة.
- تحضير محاليل قياسيه (معلومة التراكيز) للعناصر الثقيلة المعنية بالدراسة وهي (Zn, Cu, Cd, Pb) وفق لما ورد ذكره في (APHA, 1989).
- معالجة المحاليل القياسية من خلال إدخال المحلول المرجعي (Blank) الخاص بالمحاليل القياسية عن كل عنصر، ثم المحلول القياسي عن كل عنصر إلى الجهاز.
- نرسم المنحنى القياسي الذي يربط العلاقة بين التركيز والامتصاص باستخدام المحاليل القياسية.
- يتم بعد ذلك إدخال المحلول المرجعي الخاص بالعينات ثم العينات المعنية بالقياس والمطلوب تقدير تراكيزها إلى الجهاز.
- بعد قياس كمية الامتصاص من طيف الامتصاص الذري للجهاز، تم رسم العلاقة بين كمية الامتصاص وتراكيز العينات المعلومة ومن خلال الرسم يمكن حساب كمية التركيز لعينات المياه جميعها المعنية بالدراسة.

ب) عملية الهضم لجميع عينات رسوبيات مياه البحر

- جففت العينات عند درجة حرارة الغرفة لمدة 24 ساعة، ثم نقلت إلى فرن درجة حرارته 80°م لمدة 24 ساعة إضافية،
- تغريل العينة بغربال قطر فتحاته 2 ملم.
- وزن بدقة 1.0 جم من العينة المغريفة ويوضع في وعاء زجاجي سعته 100 مليلتر.
- يضاف للعينة 10 مليلتر من محلول الهضم (محلول الماء الملكي) ((Conc. HCl, 37%) و (Conc. HNO₃, 65%) بنسبة 3 : 1 على التوالي).
- يوضع الوعاء الزجاجي على حمام رملي لمدة (60-90) دقيقة عند (> 80°م).
- ينقل محتوى الوعاء إلى دورق قياسي سعته 25 مليلتر بالترشيح ويملى بالماء حتى العلامة وبذلك تكون العينات المعنية بتقدير تراكيز العناصر فيها جاهزة للقياس والتقدير.

2.4.2. تعيين العناصر الثقيلة

تم تقدير تراكيز العناصر الثقيلة المعنية بالدراسة (Cd, Cu, Pb, and Zn) للعينات المستخلصة والمهضومة باستخدام جهاز مطياف الامتصاص الذري (Atomic Absorption Spectroscopy) من نوع GBC 932 مزود بفرن جرافيت من نوع

GBC، طراز GF 3000، صنعا كليهما بالولايات المتحدة USA، وذلك وفقاً للطريقة المشار إليها من قبل (APHA, 1989).

3. النتائج والمناقشة

1.3. نتائج التحاليل الفيزيائية لمياه البحر

من خلال جدول (3) المعني بنتائج التحاليل الفيزيائية لمياه البحر نطاق الدراسة، يمكن ملاحظة أن قيم الأس الهيدروجيني (pH) لجميع العينات تتراوح ما بين (7.7 – 7.9)، وهي بذلك تقع ضمن الحدود الطبيعية لمياه الشواطئ اللبية، التي سُجلت من قبل (Ramadan et al., 1984). من ناحية أخرى، فهي أيضاً تقع ضمن الحدود المسموح بها لصلاحية مياه البحر للسباحة وفقاً لدليل المجلس الأوروبي الخاص بجودة مياه البحر للسباحة (ECC, 2002) الذي يشير إلى إن الأس الهيدروجيني يجب أن يتراوح ما بين (6.0 – 9.0). ويعزى وجود الاس الهيدروجيني pH عند هذه القيم المتعادلة إلى المنظومة العازلة للبيكربونات Biocarbonate Buffering System لمياه البحر.

من خلال الجدول (3)، تشير النتائج إلى أن تراكيز الملوحة تتراوح ما بين (35.1 – 37.8 × 10³) مجم/لتر في عينات مياه منطقة الدراسة وهي شبه ثابتة في جميع المواقع. كذلك تلاحظ بأن تراكيز الملوحة تزداد نسبياً كلما ابتعدنا عن مصب مياه الصرف الصحي الرئيسي، مما يعني أن مياه الصرف الصحي تعمل على خفض تركيز الملوحة بمنطقة المصب، وتزداد الملوحة باتجاه البحر تدريجياً كلما ابتعدنا عن مواضع القاء مياه الصرف الصحي غير المعالجة. كما أن قيم التوصيل الكهربائي في عينات منطقة الدراسة تراوحت ما بين (54.4 – 55.7) مليموز/سم. وحيث أن زيادة قيمة التوصيل الكهربائي عادةً ما تتناسب مع زيادة تراكيز الأملاح الذائبة الكلية TDS (الملوحة) وفق ما ذكره درادكة (2000) وهذا السلوك كان واضحاً من خلال مقارنة القيم المعنية في الجدول (3).

جدول 3. نتائج التحاليل الفيزيائية لعينات مياه البحر بمنطقة الدراسة.

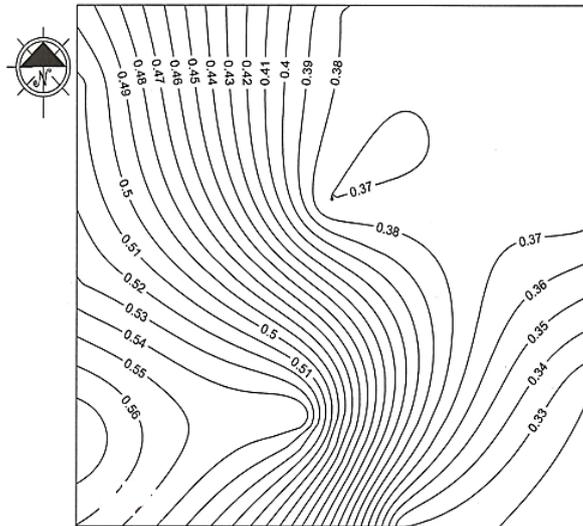
الموقع	الأس هيدروجيني (-)	الموصلية كهربائية (mmhos/cm)	الملوحة (g/L)
1	7.7	54.4	35.1
2	7.8	55.4	36.8
3	7.9	55.6	37.0
4	7.7	55.1	36.4
5	7.8	55.6	36.8
6	7.7	55.7	37.0
7	7.9	55.7	37.8
8	7.8	55.6	37.0
9	7.9	55.4	36.7
10	7.7	55.4	36.5

2.3. نتائج التحاليل الكيميائية

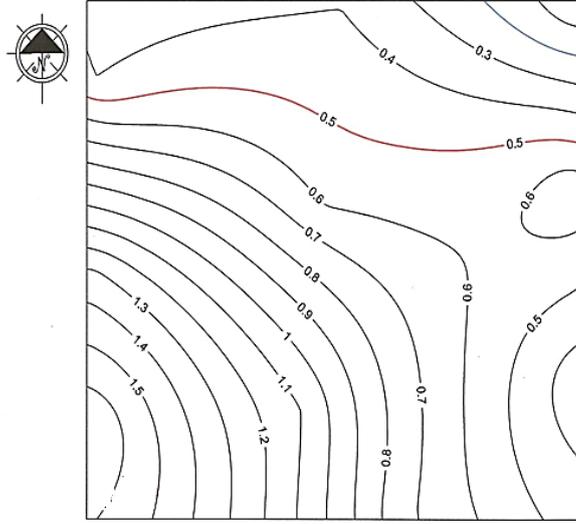
تم قياس تراكيز المعادن الثقيلة بمياه البحر بمنطقة الدراسة والمبينة نتائجها بالجدول (4). حيث تشير النتائج إلى أن تراكيز عنصر الكاديوم كانت تتراوح ما بين (0.32-0.58) ميكروجم/لتر، وقد تبين وجود القيم العالية بمواقع إلتقاء مياه الصرف الصحي بمياه البحر عند مخرج تصريف مياه الصرف الصحي الغير معالجة كما هو موضح في الشكل (5) وتعتبر هذه القيم أكثر ارتفاعاً من تلك التي توصل إليها (Abdel-Hamid and Gawish, 1998). كما تشير النتائج بأن تراكيز الرصاص تتراوح ما بين (0.01-1.70) ميكروجم/لتر في العينات. وتبين وجود القيم العالية بمواقع التقاء مياه الصرف الصحي بمياه البحر عند مخرج تصريف مياه الصرف الصحي الغير معالجة، وأن التراكيز تقل كلما كان الاتجاه نحو مياه البحر في العمق كما في الشكل (6) وهذا يتطابق مع ما توصل إليه (Abdel-Hamid et al., 1994).

جدول 5. تراكيز العناصر الثقيلة (ميكروجم/لتر) بعينات الدراسة

العينة	الكاديوم Cd	النحاس Cu	الرصاص Pb	الزنك Zn
1	0.58	4.33	1.70	12.30
2	0.53	3.40	1.34	10.76
3	0.51	2.64	0.40	7.25
4	0.55	3.71	1.09	10.96
5	0.37	3.40	0.58	9.55
6	0.38	2.95	0.40	5.68
7	0.38	2.64	0.01	4.64
8	0.38	2.64	0.67	8.29
9	0.32	2.78	0.32	6.04
10	0.33	3.87	0.73	10.56



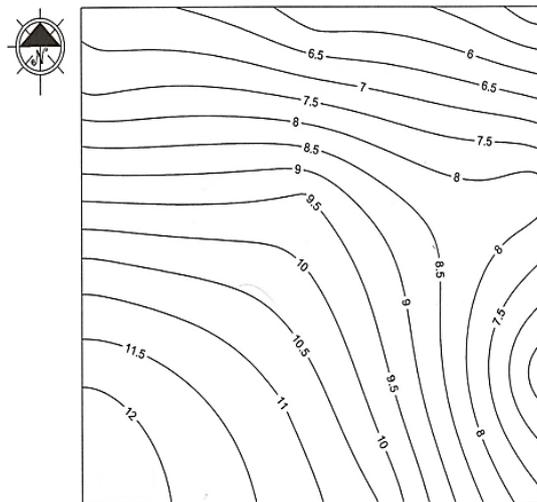
شكل 5. توزيع تراكيز الكاديوم بمياه البحر بمنطقة الدراسة (ميكروجم/لتر)



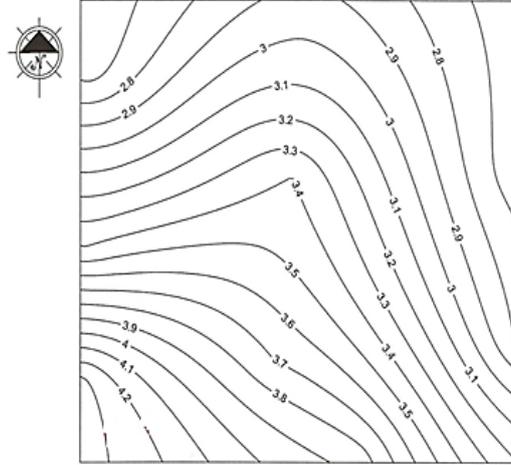
شكل 6. توزيع تراكيز الرصاص بمياه البحر بمنطقة الدراسة (ميكروجم/لتر)

أما بالنسبة لعنصر الزنك (Zn)، فتشير النتائج بالجدول (3) إلى أن تراكيز ذلك العنصر تتراوح ما بين (4.64 و 12.30) ميكروجم/لتر في عينات مياه منطقة الدراسة. وبشكل مماثل، ومن خلال الشكل (7) فقد تبين وجود القيم العالية بمواقع التقاء مياه الصرف الصحي بمياه البحر عند مخرج تصريف مياه الصرف الصحي غير المعالجة. إن بعض هذه القيم كانت تطابق ما توصل إليه (Barcelo, 1990) عندما قام بدراسة مدى تلوث مياه البحر المتوسط عند مناطق بمدينة طرابلس وأبي كماش والقره بوللي بتراكيز من العناصر الثقيلة وأهمها الزنك (Zn).

كما تشير تراكيز النحاس (Cu) المبينة بالجدول (4) والتي تتراوح ما بين (2.64 و 4.33) ميكروجم/لتر في عينات مياه منطقة الدراسة أنها ذات قيم عالية عند المصب حيث موقع التقاء مياه الصرف الصحي بمياه البحر كما في الشكل (8)، وأن بعض هذه القيم لاسيما المنخفضة منها كانت تطابق بعض القيم التي تم التوصل إليها في دراسة لـ (Barcelo, 1990) على مياه منطقة تاجوراء بينما كانت أقل من القيم التي تم التوصل إليها في مناطق بمدينة طرابلس.



شكل 7. توزيع تراكيز الزنك بمياه البحر بمنطقة الدراسة (ميكروجم/لتر)



شكل 8. توزيع تراكيز النحاس بمياه البحر بمنطقة الدراسة (ميكروجم/لتر)

ووفقاً لتقييم مستويات تلوث مياه البحر بالعناصر الثقيلة التي وضعها (Nurnberg, 1977) والمبينة بالجدول (6) نجد أن منطقة المرسى ملوثة بالعناصر الثقيلة بمستوى عالٍ من العناصر النحاس والرصاص والكاديوم كما هو مبين بالجدول (7).

جدول 6. مستويات تلوث مياه البحر بالعناصر الثقيلة (Nurnberg, 1977) (ميكروجم/لتر).

مستوى التلوث	النحاس (Cu)	الرصاص (Pb)	الكاديوم (Cd)
منخفض	0.13 - 0.55	0.018 - 0.21	0.005 - 0.021
مرتفع	0.55 - 1.10	0.21 - 0.51	0.021 - 0.052
عالي	1.10 - 3.60	0.51 - 2.42	0.052 - 0.452

جدول 7. وصف مستوى التلوث بالعناصر الثقيلة بمياه البحر داخل مرسي زليتن (نطاق منطقة الدراسة)

المنطقة	الكاديوم (Cd)	الرصاص (Pb)	النحاس (Cu)	الزنك (Zn)
التركيز (ميكروجم/لتر)	0.3	0.73	3.87	10.56
المستوى	عالي (High)	عالي (High)	عالي (High)	-

3.3. توزيع الحجم الحبيبي لرسوبيات الشاطئ

يوضح الجدول (8) المعاملات الحجمية ووصف لرسوبيات الشاطئ بمنطقة الدراسة. ومن خلال بيانات الجدول (8) والاستعانة بالشكل (9) نجد أن رمال منطقة الشاطئ قيد الدراسة تندرج ما بين الرمل الناعم والرمل المتوسط، حيث تراوح التصنيف لرمال المنطقة ما بين جيد الفرز والجيد جداً، ويتراوح تماثل توزيع أحجام رواسب الشاطئ ما بين الحبيود السالب والموجب وهو متمائل في أغلبه.

جدول 8. المعاملات الحجمية و وصف رسوبيات الشاطئ بمنطقة الدراسة

الموقع	رقم العينه	MZ***	σ_1^{**}	SK1*	الوصف
غرب المرسى	1	2.74	0.46	0.06	رمال ناعمة جيدة الفرز متمائل
	2	2.57	0.46	0.11	رمال ناعمة جيدة الفرز ناعمة الحبيود
	3	2.38	0.43	0.06	رمال ناعمة جيدة الفرز متمائل
	4	2.45	0.42	-0.02	رمال ناعمة جيدة الفرز متمائل
	5	2.58	0.37	0.21	رمال ناعمة جيدة الفرز ناعمة الحبيود
	6	2.81	0.49	0.28	رمال ناعمة جيدة الفرز ناعمة الحبيود
المتوسط		2.51	0.41	1.11	رمال ناعمة جيدة الفرز ناعمة الحبيود
شرق المرسى	7	1.67	0.34	-0.06	رمال متوسطة جيدة الفرز جدا متمائل
	8	1.72	0.31	0.05	رمال متوسطة جيدة الفرز جدا متمائل
	9	1.69	0.38	-0.05	رمال متوسطة جيدة الفرز متمائل
	10	1.73	0.34	-0.14	رمال متوسطة جيدة الفرز جدا خشنة الحبيود
	11	1.71	0.38	-0.13	رمال متوسطة جيدة الفرز خشنة الحبيود
	12	1.82	0.31	-0.21	رمال متوسطة جيدة الفرز جدا خشنة الحبيود
المتوسط		1.64	0.36	-0.09	رمال متوسطة جيدة الفرز

SK1*: معامل الحبيود أو الانحراف البياني الشامل؛ σ_1^{**} : معامل التصنيف البياني الشامل؛ MZ***: الحجم الحبيبي المتوسط



شكل 9. توزيع الحجم الحبيبي لرسوبيات الشاطئ بمنطقة الدراسة.

4.3. تراكيز المعادن الثقيلة برسوبيات الشاطئ

يوضح الجدول (9) تراكيز العناصر الثقيلة ممثلة بالكاديوم (Cd) والنحاس (Cu) والرصاص (Pb) والزنك (Zn)؛ المسموح بها برسوبيات وفقاً إلى (Turekian and Wedepohl, 1961). ويبين الجدول (10) تراكيز العناصر التي تم الحصول عليها في العينات الرسوبية.

جدول 9. مستويات تلوث الرسوبيات بالعناصر الثقيلة (Turekian and Wedepohl, 1961) (ميكروجم/جم).

الكاديوم (Cd)	الرصاص (Pb)	النحاس (Cu)	الزنك (Zn)
0.30	45	20	95

جدول 10. نتائج تحاليل العناصر الثقيلة (ميكروجم/جم) برسوبيات منطقة الدراسة.

العينة	الكاديوم (Cd)	النحاس (Cu)	الرصاص (Pb)	الزنك (Zn)
1	2.8	410	61	165
2	2.7	370	53	140
3	2	260	40	120
4	1.8	370	32	105
5	1.7	270	37	100

بلغ مستوى تركيز الكاديوم برسوبيات الشاطئ قيد الدراسة 2.80 ميكروجم/جم؛ وبلغ مستوى تركيز النحاس برسوبيات الشاطئ 410 ميكروجم/جم وبلغ مستوى تركيز الرصاص 61.00 ميكروجم/جم وبلغ مستوى تركيز الزنك 170 ميكروجم/جم. بصفة عامة، بالمقارنة بالتراكيز (Turekian and Wedepohl, 1961) المسموح به يتبين أن تراكيز العناصر الثقيلة برسوبيات الشاطئ قيد الدراسة ملوثة بعناصر الكاديوم والنحاس والرصاص والزنك؛ بأعلى قيمها غرب مرسى الصيد عند التقاء مياه الصرف الصحي بمياه البحر حيث توجد الطاقة الأقل لمياه البحر و الرسوبيات الأنعم نسبياً.

4. الاستنتاجات

تبين من نتائج الدراسة بأن الأملاح الذائبة الكلية تراوحت ما بين 35.1 و 37.8 جم/لتر بمياه البحر قيد الدراسة بالقرب من نقطة صرف مياه الصرف الصحي لمياه البحر، وتبين أن مياه الصرف الصحي تعمل على خفض تركيز الأملاح الذائبة الكلية بمنطقة المصب، حيث تزداد الملوحة باتجاه البحر تدريجياً كلما ابتعدنا عن مواضع القاء مياه الصرف الصحي. كما أن قيم التوصيل الكهربائي ازدادت بزيادة الأملاح الذائبة الكلية. وكذلك بينت نتائج دراسة رسوبيات الشاطئ قيد الدراسة تدرج رماله ما بين الرمل الناعم و الرمل المتوسط، حيث يتراوح التصنيف ما بين جيد الفرز والجيد جداً ويتراوح تماثل توزيع أحجام رواسب الشاطئ ما بين الحيود السالب والموجب وهو متمائل في أغلبه. وبصفة عامة تتعرض رمال الشاطئ بمنطقة الدراسة لمستويات مختلفة من الطاقة، حيث تكون رسوبيات الشاطئ أخشن نسبياً بمناطق الطاقة الأعلى؛ كما لوحظ أن منطقة الشاطئ شرق مرسى زليتن أعلى طاقة

عنها من الغرب، حيث لوحظ أن رمال الشاطئ شرق المرسى أخشن عنها في الغرب. وتبين تراكيز العناصر الثقيلة لرسوبيات الشاطئ أنها ملوثة بعناصر الكاديوم و النحاس و الرصاص والزنك؛ بأعلى قيمها غرب مرسى الصيد عند التقاء مياه الصرف الصحي بمياه البحر حيث توجد الطاقة الأقل لمياه البحر و الرسوبيات الأنعم نسبياً، وهذا يشير إلى تأثير مياه البحر والرسوبيات بالقرب من مصب مياه الصرف الصحي بما تحويه من عناصر ثقيلة ناجمة عن عمليات صرف مياه الصرف الصحي لمياه البحر مباشرة دون معالجة أولية.

المراجع

أولاً: المراجع باللغة العربية

- ابولقمة، نوال علي (2004). النمو السكاني في مدينة الزاوية وأثره على استغلال المياه. رسالة ماجستير جامعة السابع من أبريل، كلية الآداب، الزاوية، ليبيا.
- حسن، أحمد، فاضل (1996). هندسة البيئة. ط 1. منشورات جامعة عمر المختار، البيضاء، ليبيا.
- العدوي، محمد صادق (2005). هندسة الصرف الصحي (والتحكم في تلوث البيئة). مطبعة الدلتا، منشأة المعارف، الاسكندرية.
- درادكة، المهدي خليفة (2000). هيدرولوجية المياه الجوفية ومبادئ في المياه السطحية. منشورات جامعة البلقاء التطبيقية، عمان، الأردن.
- حواس، عقاب محمد (2006)، "دراسة ميدانية لتلوث التربة وبعض النباتات بالعناصر الثقيلة في ضواحي مدينة الخمس"، رسالة ماجستير جامعة المرقب، كلية الآداب والعلوم، الخمس - قسم الكيمياء.
- عون، أحمد أحمد محمد (2002)، الماء: من المصدر إلى المكب، إصدارات الهيئة العامة للبيئة، طرابلس - ليبيا، ص 189.
- عمر، محمد أسماعيل (2010)، معالجة المياه، الطبعة الثالثة، دار الكتب العلمية للنشر والتوزيع، القاهرة - جمهورية مصر العربية، ص 438.
- قويدر، منى أحمد علي (2007)، تأثير مياه الصرف الصحي بالبحر على المياه والاسماك، رسالة ماجستير، قسم الهندسة والعلوم البيئية، أكاديمية الدراسات العليا بجنزور-طرابلس، "2007".
- غرايبة، سامح ويحيى الفرخان (2002)، المدخل إلى العلوم البيئية، ط 4، إصدار (2)، دار الشرق للنشر والتوزيع، عمان - الأردن.

ثانياً: المراجع باللغة الإنجليزية

- Abdel-Hamid A. and Gawish M. (1998). Studies on Some Trace Metal Contents of Shrimp and Crab from Mediterranean Shore of Damietta Governorate, Egypt. *J. Aquat. Biol & Fish.*, 4: 47-64.
- Adriano D.C. (2001). *Trace Elements in Terrestrial Environments*, 2nd ed.. Savannah River Ecology Laboratory, University of Georgia, USA . .
- APHA (American Publication Health Association), (1989). *Standard Methods for the Extraction of water and wastewater*, 16 and 17th ed., APHA, Washington D.C.
- Barcelo J. (1990). Environmental Contamination. 4th International Conference, Barcelona, Spain, October 1990 .
- Doull J., Klaassen C.D., and Amdur M.O. (1980). *Toxicology: The Basic Science of Poisons*, Unit III, pp. 409-466 .



ISSN (Print): 2413-5267
ISSN (Online): 2706-9966

مجلة علوم البحار والتقنيات البيئية
المجلد (7)، العدد (2) (ديسمبر-2021)

دراسة تأثير صرف مخلفات الصرف الصحي غير المعالجة

- ECC (European Communities Council), (2002). *Council Directive Concerning the Quality of Bathing Water*, 76/160/EEC.
- Folk R.L. and Ward W.C. (1957). Brazos River Bar: a Study on the Significance of Grain Size Parameters. *J. Sed. Pet.*, 27: 3–26 .
- Friedman G.M. (1967). Dynamic processes and statistical parameter compared for size frequency distinction of beach and river sands. *J. Sed. Pet.*, 37: 327-354 .
- Metcalf L., Eddy H.P., & Tchobanoglous G. (1991). *Wastewater engineering: treatment, disposal, and reuse*. New York: McGraw-Hill, NY.
- Nurnberg H.W. (1977). Potentialities and applications of advanced polarographic and voltammetric methods in environmental research and surveillance of toxic metals. *Electrochem J.*, 22: 935–949.
- Ramadan Z.M., Ben Taleb K.S., and Trozosinka A. (1984). Ecological Conditions in the Mediterranean Coastal Zone (Fishery Harbour of Tripoli, Libya). *Bulletin of Marine Biology Research Center*, 5: 69-106.
- Turekian K.K. and Wedepohl K.H. (1961). Distribution of the elements in some major unites of the Earths crust. *Bull. Geol. Soc. Am.*, 72: 175-192.
- WHO (1975). *REPORT ON THE EFFECT OF POLLUTED WATER ON HUMAN HEALTH*, Ch.2, pp. 18 – 21, World Health Organization, Geneva.