Afro-Asian Journal of Scientific Research (AAJSR)
المجلة الأفروآسيوية للبحث العلمي
E-ISSN: 2959-6505
Volume 4, Issue 3, 2026
Page No: 156-168
Website: https://aajsr.com/index.php/aajsr/index
SJIFactor 2024: 5.028 ISI 2025: 0.915 معامل التأثير العربي (AIF) 2025: 0.76

A Study of Certain Physical, Chemical, and Biological Properties of Treated Water at the Wastewater Treatment Plant of the Libyan Iron and Steel Company – Misrata

Ahmed Abdelnour Kindi [1*], Atiya Njea Abdulsslam Njea [2], Nasser Mohammed Diab [3]
[1]Department of Civil Engineering, Institute of Engineering Techniques, Zliten, Libya
[2]Department of Civil Engineering, Alasmarya Islamic University, Zliten, Libya
[3]Department of Civil Engineering, Institute of Engineering Techniques, Zliten, Libya

دراسة بعض الخواص الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية للمياه المعالجة بمحطة معالجة مياه الصرف الصحي بالشركة الليبية للحديد والصلب – مصراته

احمد عبد النور كندي[1*]، عطية نجي نجي[2]، ناصر محمد دياب[3]
[1]قسم الهندسة المدنية، المعهد العالي للتقنيات الهندسية، زليتن، ليبيا
[2]قسم الهندسة المدنية، الجامعة الاسمرية الاسلامية، زليتن، ليبيا
[3]قسم الهندسة المدنية، المعهد العالي للتقنيات الهندسية، زليتن، ليبيا

*Corresponding author: Ahmedkondi2001@yahoo.com

Received: May 20, 2026 Accepted: July 28, 2026 Published: August 14, 2026
Copyright: © 2026 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

Abstract
This study was conducted to characterize the physical, chemical, and biological properties of the treated effluent from the wastewater treatment plant at the Libyan Iron and Steel Company (Misrata) between March 1, 2022, and March 1, 2023. It aimed to assess the suitability of the treated water for various uses by performing periodic tests and analyses, and by comparing the results against local and international standards as well as the plant's design specifications. Several physical, chemical, and biological properties were assessed, namely: temperature (t), total suspended solids (TSS), total dissolved solids (TDS), electrical conductivity (EC), turbidity (TU), pH, biochemical oxygen demand (BOD), chemical oxygen demand (COD), nitrate (NO_3), nitrite (NO_2), ammonia (NH_3), total hardness (TH), chloride (Cl^-), and total coliform bacteria and *E. coli*. The mean concentrations obtained were compared against local and international standards as well as the plant's design specifications. The results for t, TSS, TU, pH, NO_3, NO_2, BOD, and COD fell within permissible limits or slightly exceeded them; however, the mean concentrations for TDS, EC, NH_3, total coliform bacteria, and *E. coli* significantly exceeded the permissible limits.

Keywords: Treatment plant; Wastewater; Electrical Conductivity; Ammonia; Coliform Bacteria.

الملخص
أجريت هذه الدراسة للتعرف على الخواص الفيزيائية والكيميائية والحيوية للمياه المعالجة الخارجة من محطة معالجة مياه الصرف الصحي بالشركة الليبية للحديد والصلب/ مصراته، خلال الفترة من 2022/3/1 إلى 2023/3/1 وتحديد مدى صلاحية المياه المعالجة للاستخدام في الأغراض المختلفة عن طريق اجراء اختبارات وتحاليل دورية لهذه المياه، ومقارنة النتائج بالمواصفات والمعايير القياسية المحلية والدولية وبالمواصفات التصميمية للمحطة، حيث تم تقدير بعض الخواص الفيزيائية والكيميائية والحيوية وهي: درجة الحرارة t (cº) والمواد الصلبة العالقة الكلية (TSS) والمواد الصلبة الذائبة الكلية (TDS) والتوصيلة الكهربائية (EC) والعكارة (TU) والأس الهيدروجيني (pH) والطلب الحيوي على الاكسجين (BOD) والطلب الكيميائي على الاكسجين (COD) والنترات (NO_3) والنتريت (NO_2) والامونيا (NH_3) والعسرة

الكلية (TH) والكلوريد (Cl^-) والعدد الكلي لبكتريا القولون والاشريكية القولونية (Total Coliforms Bacteria& E-Coli) وتم مقارنة متوسط تراكيز النتائج بالمواصفات والمعايير القياسية المحلية والدولية وبالمواصفات التصميمية للمحطة وكانت نتائج (t, TSS, TU, PH, NO_3, NO_2, BOD, COD, ضمن الحدود المسموح بها او تجاوزتها بقليل، اما متوسط تراكيز نتائج (TDS, EC, NH_3, Total Coliforms Bacteria& E-Coli) فقد تجاوزت الحدود المسموح بها بكثير.

الكلمات المفتاحية: محطة معالجة، مياه الصرف الصحي، التوصيلة الكهربائية، الامونيا، بكتريا القولون.

مقدمة:

ارتبط ازدياد التعداد السكاني وارتفاع مستوى المعيشة والتطور الصناعي والزراعي في اغلب مدن العالم بازدياد الطلب على المياه الصالحة للاستعمال الأمر الذي أدى إلى اللجوء إلى مصادر غير تقليدية كمياه البحر المحلاة ومياه الصرف الصحي المعالجة فيزيائياً وكيميائياً وبيولوجياً تحت ظروف محكمة واستغلال أكبر قدر ممكن منها (عون واخرون، 2019). إن أهمية معالجة مياه الصرف الصحي تكمن في المحافظة على البيئة من التلوث وحماية الصحة العامة والاستفادة من المياه المعالجة وذلك بإعادة استعمالها في أغراض عديدة مثل ري الأراضي الزراعية والمتنزهات والحدائق داخل المدن وزراعة الأشجار ومكافحة التصحر ومصدات الرياح وفي البناء والتشييد والصناعة مثل صب الخرسانات واغراض التبريد (المسماري، 2012).

أولا: المواد وطرق البحث

ان دراسة الخواص الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية للمياه المعالجة بمحطة معالجة مياه الصرف الصحي بالشركة الليبية للحديد والصلب بمدينة مصراته تتم بالقيام بالعديد من الزيارات للمحطة طول فترة الدراسة وذلك لغرض جمع عينات من المياه المعالجة واجراء القياسات والتحاليل المخبرية عليها سوى كان ذلك في المختبر الخاص بالمحطة اوفي بعض المختبرات خارجها، ذلك في حالة تعذر اجراء بعض هذه التحاليل.

1- جمع العينات Samples Collection

تم جمع عينات المياه المعالجة الخارجة من المحطة وذلك بتعبئتها من صنبور المياه الخارجة من حوض الري شهرياً طول فترة الدراسة وكانت التعبئة في قنينات بلاستيكية نظيفة بسعة لتر ونصف وتم غسل كل قنينة بجزء من محلول العينة المراد تحليلها وتعبئتها بشكل غير كامل لتسهيل عملية التجانس عن طريق الرج وتم نقلها مباشرة إلى المختبرات، وتم الصاق بطاقة على كل قنينة تحتوي على بيانات العينة، مع مراعاة حفظ العينات التي تم تحليلها في المختبرات الخارجية في حافظة مملوءة بالثلج اثناء النقل.

2- الاختبارات المعملية وطرق القياس Laboratory Tests and Measurement Methods

تم اجراء الاختبارات في مختبر محطة معالجة مياه الصرف الصحي بالشركة الليبية للحديد والصلب بمدينة مصراته، ومختبر الاصحاح البيئي بمدينة زليتن، وتم اجراء الاختبارات التالية وفق الطرق القياسية المعتمدة:

أ. اختبارات الخواص الفيزيائية Physical Properties Tests

تم اجراء اختبارات الخواص الفيزيائية لقياس وتقدير كل من:

- درجة الحرارة Temperature (t) تم قياس درجات الحرارة لجميع عينات المياه في مختبر المحطة مباشرة بعد أخذ العينة وفق الطريقة (APHA, 2005) باستخدام مقياس نوع (pH/mv/Temperature Meter) موديل: (3520)، من شركة: (JENWAY)، بلد المنشأ: المملكة المتحدة.
- المواد الصلبة العالقة الكلية Total Suspended Solids (TSS): تم تقديرها في مختبر الاصحاح البيئي بالطريقة المعتمدة (APHA, 1998 section 2540D).
- المواد الصلبة الدائبة الكلية Total Dissolved Solids (TDS) تم تقدير قيمة المواد الصلبة الذائبة الكلية حسب طريقة (APHA, 1998 section 2540C)، وتم القياس باستخدام جهاز نوع (HQ40d) من شركة (HACH)، بلد المنشأ: المانيا
- التوصيلية الكهربائية Electrical Conductivity (EC) تم تحديد قيمة التوصيلية الكهربائية في جميع عينات المياه المعالجة الخارجة بعد نقل العينات إلى مختبر المحطة وذلك بالقياس مباشرةً بالطريقة (APHA, 2005) باستخدام جهاز نوع: (HQ40d) من شركة: (HACH)، بلد المنشأ: المانيا، وجهاز نوع: (Conductivity meter)، موديل: (4310) من شركة: (JENWAY)، بلد المنشأ: المملكة المتحدة.
- العكارة: Turbidity (TU) قيست العكارة لجميع عينات المياه في مختبر المحطة وفقاً للطريقة المذكورة في (APHA, 2005) بواسطة جهاز من نوع (Colorimeter)، من شركة (HACH)، موديل: (DR-890)، المنشأ: الولايات المتحدة الامريكية.

ب. اختبارات الخواص الكيميائية Chemical Properties Tests

- الاس الهيدروجيني (pH)-Value

قيست درجة الاس الهيدروجيني لجميع العينات في مختبر المحطة ومختبر الاصحاح البيئي وفق الطريقة (APHA, 2005) وباستخدام عدة أجهزة منها جهاز نوع: (pH Meter)، موديل: (3520)، من شركة: (JENWAY)، بلد المنشأ: المملكة المتحدة،

- الطلب الحيوي على الاكسجين Biochemical Oxygen Demand (BOD)

اجريت اختبارات تحديد قيمة الطلب الحيوي على الاكسجين BOD في مختبر المحطة وفق (APHA, 2005) فقد تم استخدام جهاز: (BOD Measurement)، موديل: (DB 600) من شركة: (Lovibond)، بلد المنشأ: المانيا، وحاضنة من شركة: (Lovibond)، بلد المنشأ: المانيا، بالإضافة إلى جهاز: (Respirometric)، نوع: (BOD TraK II)، من شركة: (HACH)، بلد المنشأ: الولايات المتحدة الامريكية.

- الطلب الكيميائي على الاكسجين Chemical Oxygen Demand (COD)

تم قياس قيمة الطلب الكيميائي على الاكسجين COD في جميع عينات المياه بنفس الطريقة في مختبر المحطة ومختبر الإصحاح البيئي وفق الطريقة (APHA, 2005)، عن طريق استخدام جهاز تسخين: (Heater)، موديل: (DRB 200)، من شركة: (HACH)، بلد المنشأ: الولايات المتحدة الامريكية، وجهاز من نوع: (Spectrophotometer)، موديل: (DR 2800)، من شركة: (HACH)، بلد المنشأ: الولايات المتحدة الامريكية.

- النترات Nitrate (NO_3)

وفق (APHA, 1998) تم استخدام جهاز: (Colorimeter)، موديل: (DR/890) من شركة: (HACH)، بلد المنشأ: الصين، لتقدير وحساب كمية النترات في جميع عينات المياه في مختبر المحطة.

- النتريت Nitrite (NO_2)

تم تقدير النتريت في جميع عينات المياه باتباع نفس الخطوات المتبعة في تقدير النترات والامونيا وفق الطريقة المذكورة في (APHA, 1998) وباستخدام نفس الأجهزة مع مراعات استبدال الدليل واستخدام الدليل الخاص باختبار النتريت، والأجهزة المستخدمة هي جهاز: (Colorimeter)، موديل: (DR/890)، من شركة: (HACH)، بلد المنشأ: الصين.

- الامونيا Ammonia (NH_3)

تم استخدام جهاز (Colorimeter)، موديل: (DR/890) من شركة: (HACH)، بلد المنشأ: الصين، لتقدير قيمة الامونيا في العينات في مختبر المحطة وفق (APHA, 1998).

- العسرة الكلية Total Hardness (TH)

قدرت قيم العسرة الكلية في مختبر المحطة ومختبر الإصحاح البيئي وذلك لجميع عينات المياه بدلالة كربونات الكالسيوم (CaCO3)، وفق الطريقة المذكورة في (APHA, 1998).

- الكلوريد Chloride (Cl^-)

تم استخدام طريقة موهر (Mohr Method) كما ورد في (ASTM, 1984) لتعيين قيمة الكلوريد في جميع عينات المياه، وتمت المعايرة بواسطة نترات الفضة (AgNO3) بتركيز(N0.1)، وباستخدام كاشف كرومات البوتاسيوم (K2CrO4) بتركيز (5%)

ج. اختبارات الخواص الحيوية Biological Properties Tests

يمثل عدد البكتريا في مياه الصرف الصحي درجة التلوث البكتيري لهذه المياه، وبغض النظر عن أنواع البكتريا الموجودة فيها الا ان وجود البكتريا في هذه المياه يعطينا مؤشرا على احتمالية احتوائها على بكتريا مسببة للأمراض، وعليه فإن أكثر اختبارات الخواص الحيوية شيوعا هو حساب العدد الكلي لبكتريا القولون Total Coliforms (TC) Bacteria باستخدام طريقة العد الأكثر احتمالا Most Probable Number (MPN)، وتم حساب العدد الكلي لبكتريا القولون حسب (APHA, 2005).

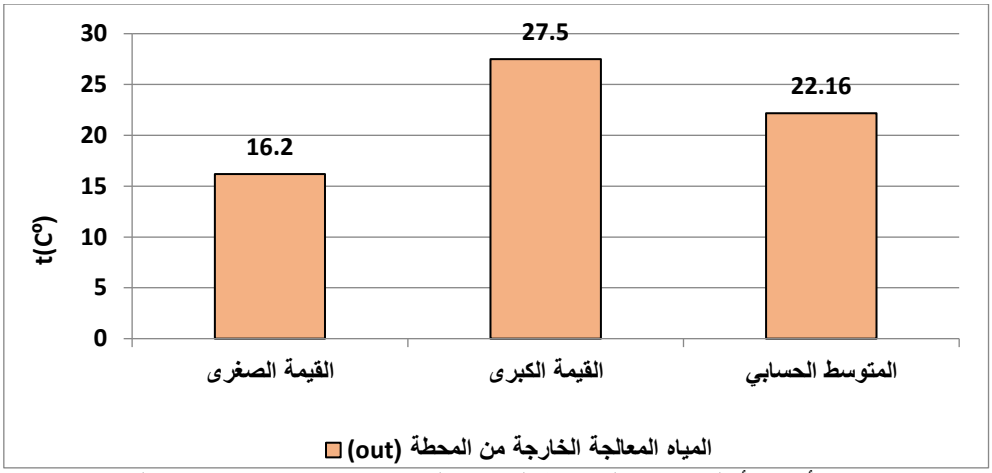
ثانيا: النتائج والمناقشة Results and Discussion

تعتبر نتائج اختبارات وتحاليل الخواص الفيزيائية والكيميائية والحيوية للمياه المعالجة الخارجة من المحطة ومقارنتها بالمواصفات والمعايير القياسية المحلية والدولية وبالمواصفات التصميمية للمحطة هي العامل الرئيسي لتقييم جودة هذه المياه.

أ. اختبارات الخواص الفيزيائية Physical Properties Tests

1. درجة الحرارة Temperature (T)

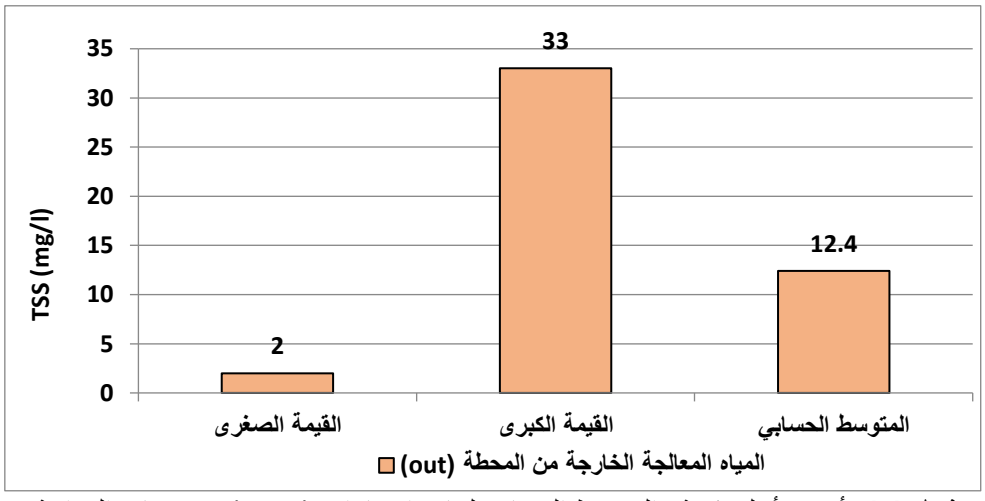
تراوحت درجات الحرارة لعينات المياه المعالجة الخارجة من المحطة ما بين (16.2- 27.5م°) بمتوسط حسابي عام (22.16م°) وبانحراف معياري (4.28) كما مبين في الشكل (1) والجدول (1) ، ومن خلال النتائج المسجلة لدرجات حرارة المياه المعالجة الخارجة من المحطة تبين ان متوسط القيم ضمن الحدود المسموح بها في المواصفات والمعايير التصميمية للمحطة (20- 35م°) وأيضا لم يتجاوز الحد الاقصى المسموح به (30م°) في المواصفات القياسية الليبية (769-2013) وهذا مؤشر على اعتدال طقس المنطقة التي تقع فيها المحطة (مدينة مصراته)، ومن النتائج يتضح ان القيم الدنيا المسجلة لدرجات الحرارة كانت في فصل الشتاء والربيع بينما القيم العليا كانت في فصل الصيف والخريف مما يدل على تأثر درجة حرارة المياه بالعوامل المناخية خلال فصول السنة.



شكل (1): أدني وأعلى قيمة والمتوسط الحسابي لنتائج قياسات (t) في عينات الدراسة.

2. المواد الصلبة العالقة الكلية Total Suspended Solids (TSS)

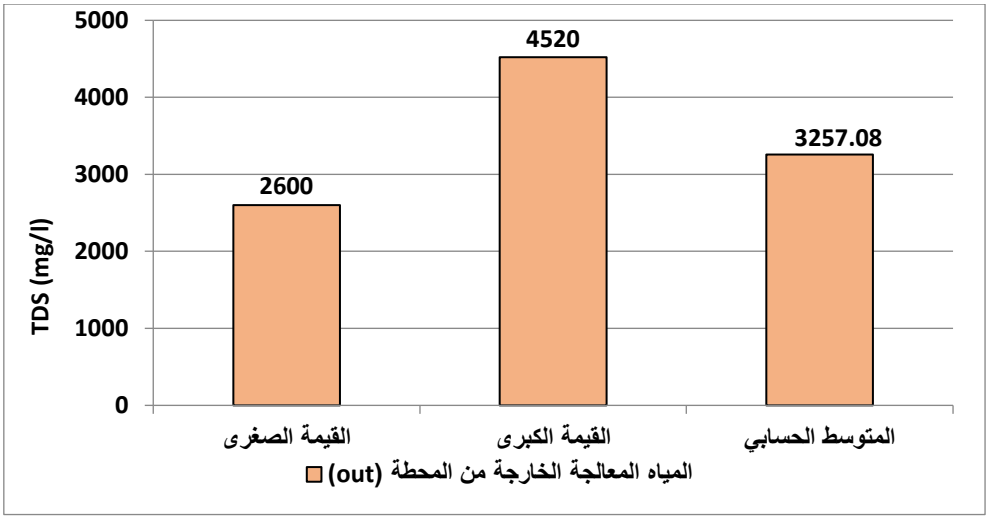
من خلال النتائج المتحصل عليها طيلة مدة الدراسة تبين ان أدني قيمة TSS مسجلة في المياه المعالجة الخارجة من المحطة كانت (2مليجرام/لتر) وكانت أعلى قيمة (33مليجرام/لتر) بمتوسط حسابي عام (12.40مليجرام/لتر) وبانحراف معياري (6.30) كما هو موضح في الجدول (1) والشكل (2)، وبمقارنة متوسط قيم (TSS) المسجلة للمياه خلال فترة الدراسة بالمواصفات التصميمية للمحطة تبين انه ضمن الحدود المسموح بها ولم يتخطى الحد الأقصى وهو (30مليجرام/لتر)، وعند المقارنة بالمواصفات القياسية لوكالة (USEPA, 2010)، كان ايضا ضمن الحدود المسموح بها ولم يتخطى الحد الأقصى وهو (30مليجرام/لتر)، اما عند المقارنة بالمواصفات القياسية الليبية (769-2013) تبين انه تجاوز الحد الأقصى المسموح به وهو (10مليجرام/لتر) بقليل، بناءً على نتائج المقارنة بالمواصفات والمعايير القياسية التصميمية للمحطة وأيضا بالمواصفات والمعايير القياسية المحلية والدولية تبين ان المياه المعالجة الخارجة من المحطة يمكن التخلص منها في البيئة البحرية.



شكل (2): أدني وأعلى قيمة والمتوسط الحسابي لنتائج اختبارات (TSS) في عينات الدراسة.

3. المواد الصلبة الدائبة الكلية Total Dissolved Solids (TDS)

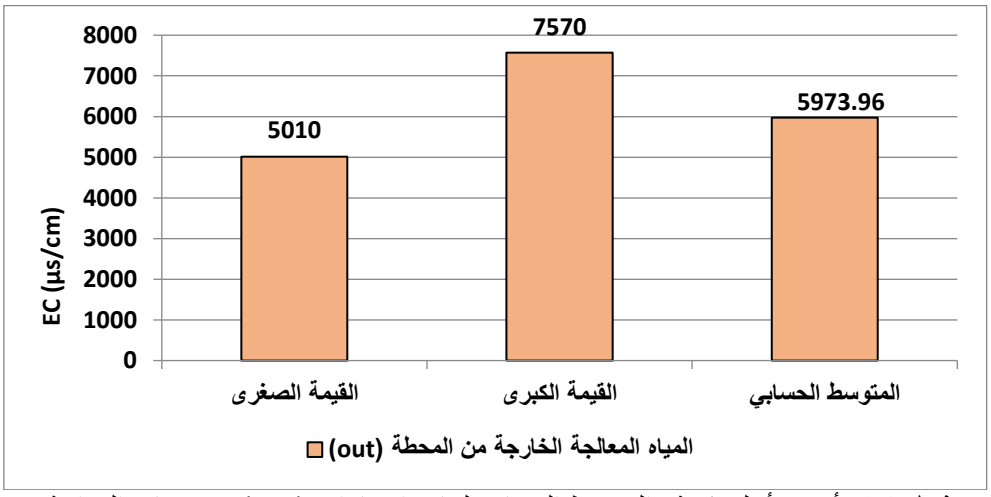
من خلال نتائج الاختبارات لعينات المياه المعالجة الخارجة من المحطة كانت نتائج TDS تتراوح بين (2600 - 4520مليجرام/لتر) وبمتوسط حسابي عام (3257.08مليجرام/لتر) وبانحراف معياري (402.37) كما هو موضح في الجدول (1) والشكل (3) وعند مقارنة متوسط قيم TDS في عينات المياه بالمواصفات التصميمية للمحطة تبين انه قد تجاوز الحد الاقصى المسموح به وهو (1500مليجرام/لتر) وبالمقارنة أيضا مع المواصفات القياسية الليبية (769-2013) تبين انه قد تجاوز الحد الأقصى المسموح به وهو (1500مليجرام/لتر) بكثير.



شكل (3): أدني وأعلى قيمة والمتوسط الحسابي لنتائج اختبارات (TDS) في عينات الدراسة.

4. التوصيلية الكهربائية Electrical Conductivity (EC)

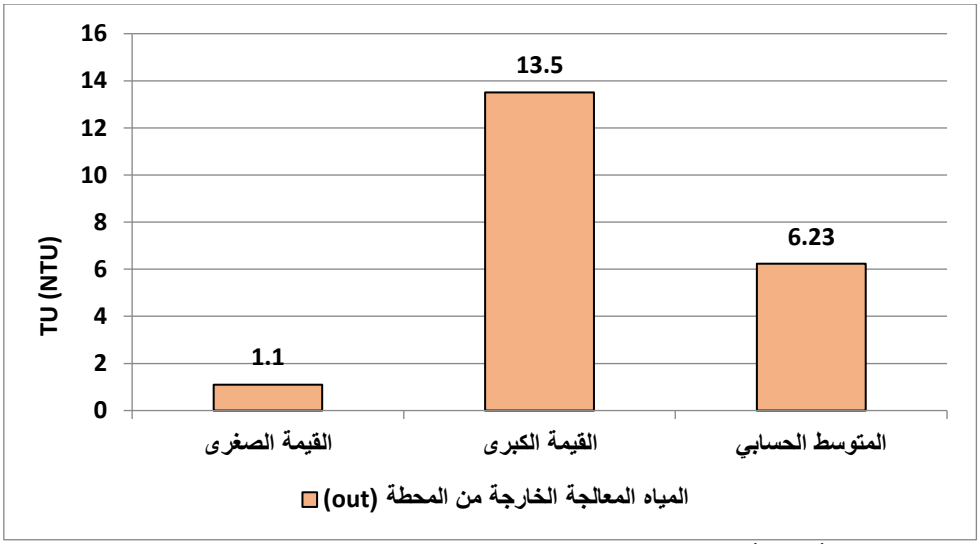
بالنظر الى نتائج قياسات EC لعينات المياه المعالجة الخارجة من المحطة نجد ان أدنى قراءة هي (5010ميكروسيمنس/سم) وأعلى قراءة مسجلة كانت (7570ميكروسيمنس/سم) بمتوسط حسابي عام (5973.96ميكروسيمنس/سم) وبانحراف معياري (587.98) كما هو موضح في الجدول (1) والشكل (4) وتم مقارنة متوسط نتائج قياسات EC لعينات المياه بالمواصفات والمعايير التصميمية للمحطة وقد تبين انه تجاوز الحد الاقصى المسموح به (2200ميكروسيمنس/سم) وهذا الارتفاع في قيم EC يعزي الى ارتفاع قيم TDS في المياه.



شكل (4): أدني وأعلى قيمة والمتوسط الحسابي لنتائج اختبارات (EC) في عينات الدراسة.

1. العكارة Turbidity (TU)

تراوحت قراءات TU المسجلة لعينات مياه الدراسة ما بين (1.1-13.5وحدة عكارة) وكان المتوسط الحسابي العام للقراءات (6.23وحدة عكارة) بانحراف معياري (3.23) كما هو مبين في الجدول (1) والشكل (5). وعند مقارنة نتائج TU بالمواصفات التصميمية للمحطة تبين ان متوسط قيم TU في المياه المعالجة تجاوز الحد الأقصى المسموح به (4وحدة عكارة) بقليل.



شكل (5): أدني وأعلى قيمة والمتوسط الحسابي لنتائج قياسات (TU) في عينات الدراسة.

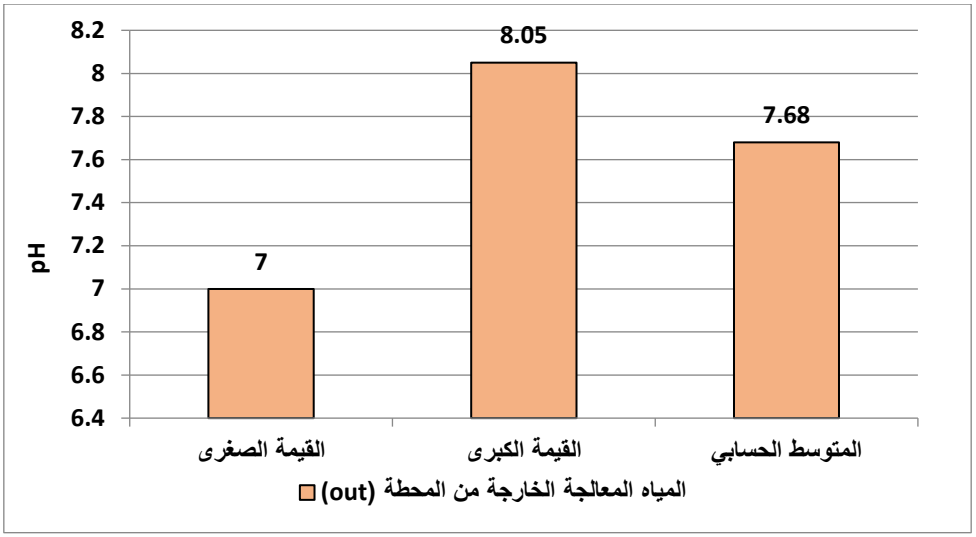
جدول (1): نتائج اختبارات الخواص الفيزيائية لعينات المياه المعالجة خلال فترة الدراسة.

الخاصية / الشهر	درجة الحرارة T (c°)	المواد الصلبة العالقة الكلية TSS (mg/l)	المواد الصلبة الذائبة الكلية TDS (mg/l)	التوصيلة الكهربائية EC (µs/cm)	العكارة TU (NTU)
مارس 2022	16.23	16	3922.5	7350	8.6
إبريل	20.2	9.5	3370	6307.5	4.83
مايو	22.65	12	3015	5615	7.44
يونيو	25.95	9.5	3015	5707.5	3.48
يوليو	26.98	6.5	3185	6155	3.5
أغسطس	27.5	3.25	35.59	5445	1.82
سبتمبر	26.9	8	3045	5805	2.78
أكتوبر	25	11.5	3098	5728	6.11
نوفمبر	21.3	12.8	3105	5500	9.51
ديسمبر	20.5	19	3395	5895	10.5
يناير 2023	16.2	16.8	3195	5893	6.66
فبراير	16.6	23	3680	6288	9.61
المتوسط العام	22.16	12.40	3257.08	5973.96	6.23
الانحراف المعياري	4.28	6.30	402.37	587.98	3.23

ب. اختبارات الخواص الكيميائية Chemical Properties Tests

1. الاس الهيدروجيني (pH)-Value

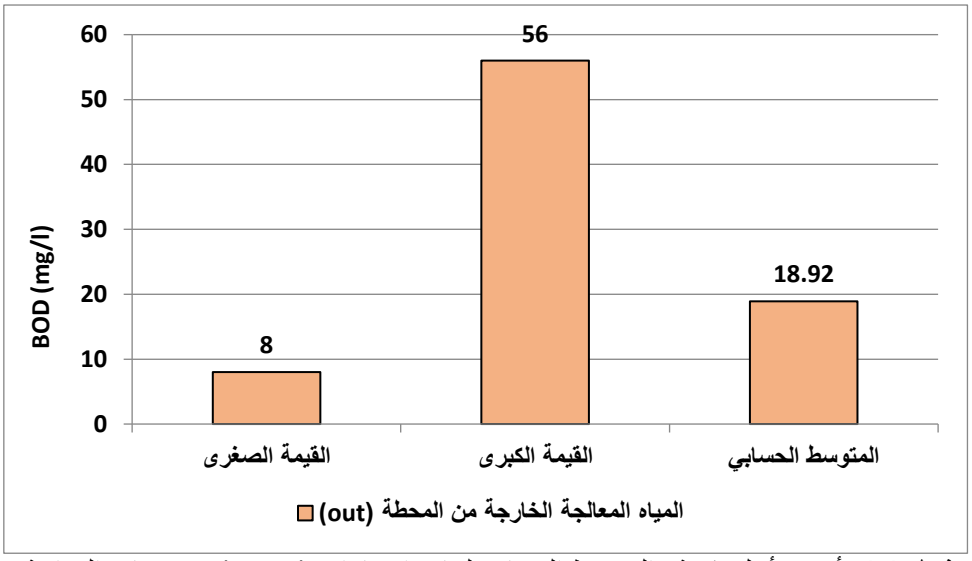
من النتائج المسجلة خلال فترة الدراسة تبين لنا ان قراءات الاس الهيدروجيني pH لعينات المياه المعالجة الخارجة تراوحت ما بين (7.00-8.05) بمتوسط حسابي عام (7.68) وبانحراف معياري (0.24) كما هو مبين في الجدول (2) والشكل (6)، وعند مقارنة متوسط هذه النتائج بالمواصفات القياسية الليبية (769-2013) تبين انه كان ضمن الحدود المسموح بها وهي (6.00-8.50) وأيضا عند المقارنة بالمواصفات القياسية لوكالة (USEPA, 2010)، تبين ان متوسط القراءات كان ضمن الحدود المسموح بها وهي (6.00-9.00).



شكل (6): أدني وأعلى قيمة والمتوسط الحسابي لنتائج قياسات (pH) في عينات الدراسة.

2. الطلب الحيوي على الاكسجين Biochemical Oxygen Demand (BOD)

من خلال النتائج المتحصل عليها لاختبارات BOD على العينات خلال فترة الدراسة تبين ان أدني قيمة BOD مسجلة في المياه المعالجة الخارجة من المحطة كانت (8مليجرام/لتر) وكانت أعلى قيمة مسجلة (56مليجرام/لتر) بمتوسط حسابي عام (18.92مليجرام/لتر) وبانحراف معياري (8.74) كما موضح في الجدول (2) والشكل (7)، وبمقارنة المتوسط العام لقيم BOD المسجلة لعينات المياه بالمواصفات والمعايير التصميمية للمحطة تبين انه ضمن الحدود المسموح بها (15-50مليجرام/لتر) وأيضا لم يتجاوز الحد الأقصى المسموح به (30مليجرام/لتر) في المواصفات القياسية (USEPA, 2010)، اما عند المقارنة بالمواصفات القياسية الليبية (769-2013) تبين انه تجاوز الحد الأقصى المسموح به وهو (10مليجرام/لتر)، ويتضح من مقارنة متوسط نتائج اختبارات BOD بالمواصفات والمعايير التصميمية للمحطة وأيضا بالمواصفات القياسية الدولية ان المياه المعالجة الخارجة من المحطة يمكن التخلص منها في البيئة البحرية.

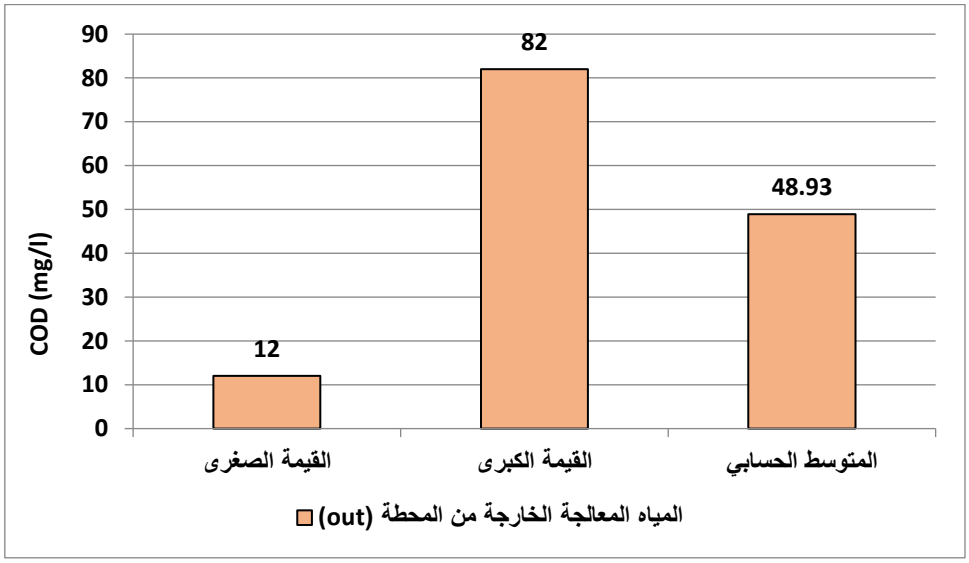


شكل (7): أدني وأعلى قيمة والمتوسط الحسابي لنتائج اختبارات (BOD) في عينات الدراسة.

3. الطلب الكيميائي على الاكسجين Chemical Oxygen Demand (COD)

تراوحت النتائج المسجلة لاختبارات الطلب الكيميائي على الاكسجين COD لعينات المياه المعالجة الخارجة من المحطة ما بين (12-82مليجرام/لتر) بمتوسط حسابي عام (48.93مليجرام/لتر) وبانحراف معياري (15.95) كما هو مبين في الجدول (2) والشكل (8)، وبمقارنة المتوسط العام لقيم COD المسجلة للمياه المعالجة خلال فترة الدراسة بالمواصفات والمعايير التصميمية للمحطة تبين انه لم يتجاوز الحد الاقصى المسموح به (80مليجرام/لتر)، كذلك عند مقارنته بالمواصفات القياسية الليبية (769-2013) تبين انه لم يتجاوز الحد الاقصى المسموح به (100مليجرام/لتر) الا

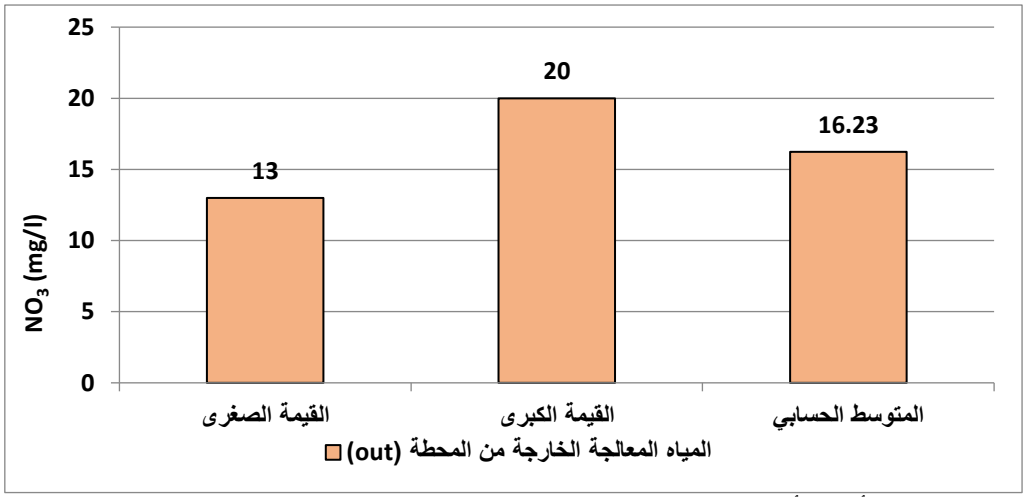
ان المقارنة بالمواصفات القياسية لوكالة (USEPA, 2010) وضحت انه تجاوز الحد المسموح به وهو(30 مليجرام/لتر).



شكل (8): أدني وأعلى قيمة والمتوسط الحسابي لنتائج اختبارات (COD) في عينات الدراسة.

4. النترات (NO_3) Nitrate

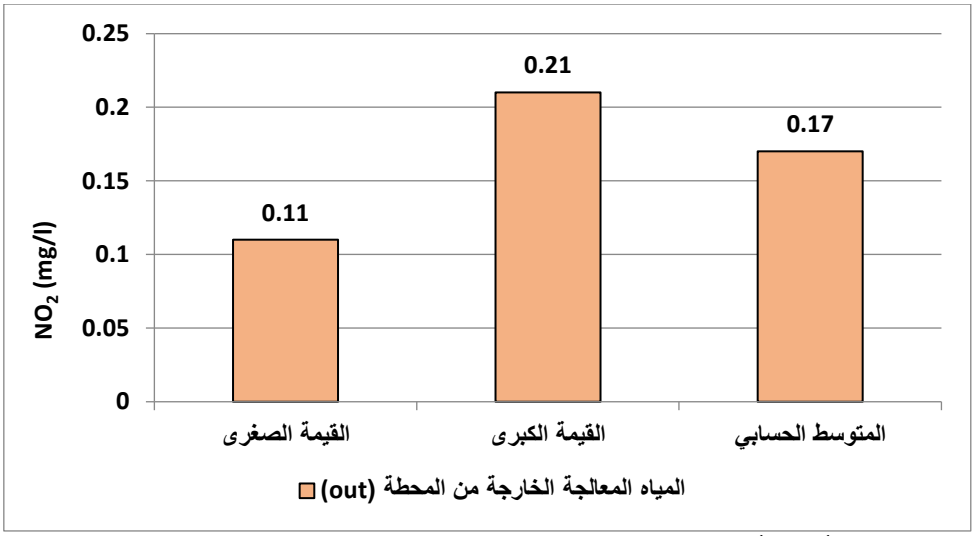
من خلال نتائج اختبارات النترات NO_3 على عينات الدراسة تبين ان أدني قيمة NO_3 مسجلة في عينات المياه المعالجة الخارجة من المحطة كانت (13مليجرام/لتر) وكانت أعلى قيمة مسجلة (20مليجرام/لتر) بمتوسط حسابي عام (16.23مليجرام/لتر) وبانحراف معياري (1.91) كما هو موضح في الجدول (2) والشكل (9) وبمقارنة متوسط قيم NO_3 بالمواصفات القياسية لوكالة (USEPA, 2010) تبين انه قد تجاوز الحد الاقصى المسموح به (1مليجرام/لتر)، ومن المقارنة بالمعايير الارشادية لدليل FAO يتضح انه ضمن الحدود المسموح بها وهي (5-30مليجرام/لتر).



شكل (9): أدني وأعلى قيمة والمتوسط الحسابي لنتائج اختبارات (NO_3) في عينات الدراسة.

5. النتريت (NO_2) Nitrite

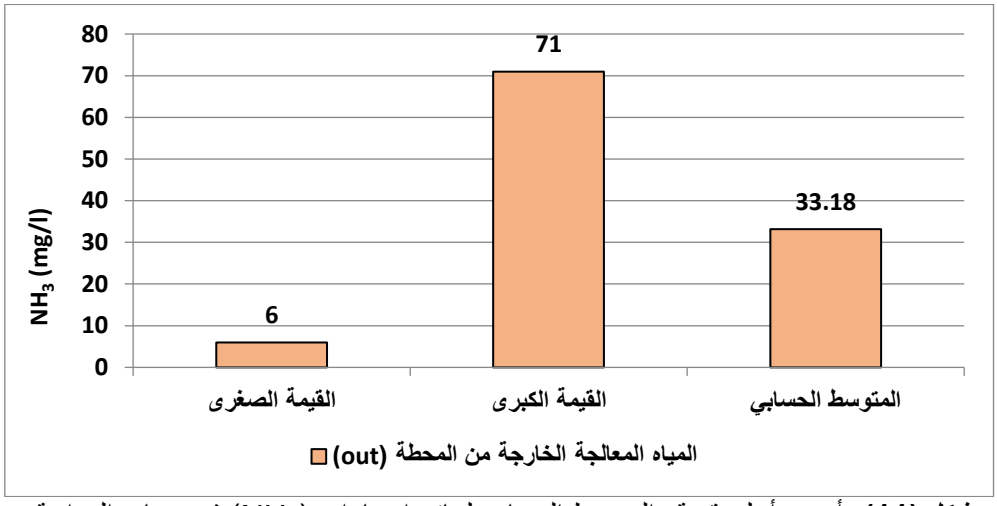
كما هو موضح في الجدول (2) والشكل (10) فإن نتائج اختبارات النتريت NO_2 لعينات الدراسة سجلت أدني قيمة (0.11مليجرام/لتر) وكانت أعلى قيمة مسجلة (0.21مليجرام/لتر) بمتوسط حسابي عام (0.17مليجرام/لتر) وبانحراف معياري (0.02)، وبمقارنة متوسط نتائج قيم NO_2 المسجلة للمياه المعالجة الخارجة من المحطة خلال فترة الدراسة بالمواصفات القياسية (USEPA, 2010) تبين ان متوسط هذه القيم لم يتجاوز الحد الاقصى المسموح به (1مليجرام/لتر)



شكل (10): أدني وأعلى قيمة والمتوسط الحسابي لنتائج اختبارات (NO_2) في عينات الدراسة.

6. الامونيا (NH_3) Ammonia

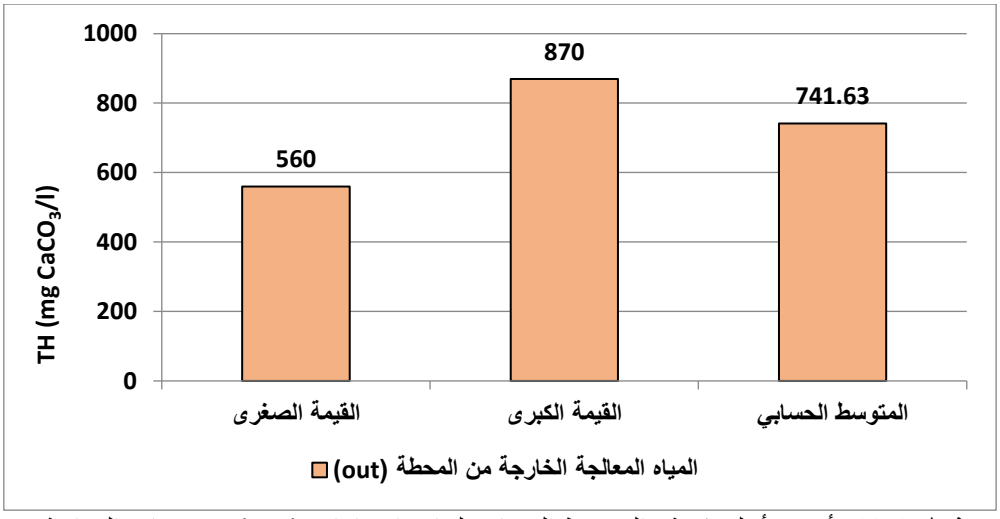
من الجدول (3) والشكل (11) تبين ان قيم نتائج اختبارات الامونيا NH_3 في عينات الدراسة تراوحت ما بين (6-71مليجرام/لتر) بمتوسط حسابي عام (33.18مليجرام/لتر) وبانحراف معياري (19.05) وعند مقارنة متوسط النتائج بالمواصفات التصميمية للمحطة تبين انه تجاوز الحد الاقصى المسموح به وهو(25مليجرام/لتر) بقليل ولكن عند مقارنته بالمواصفات القياسية (USEPA, 2010) تبين ان المتوسط العام تجاوز الحد الاقصى المسموح به (1مليجرام/لتر) بكثير، وبالمقارنة مع المواصفات القياسية الليبية (769-2013) تبين أيضا ان المتوسط العام تجاوز الحد الأقصى المسموح به وهو(1مليجرام/لتر) بكثير.



شكل (11): أدني وأعلى قيمة والمتوسط الحسابي لنتائج اختبارات (NH_3) في عينات الدراسة.

7. العسرة الكلية (TH) Total Hardness

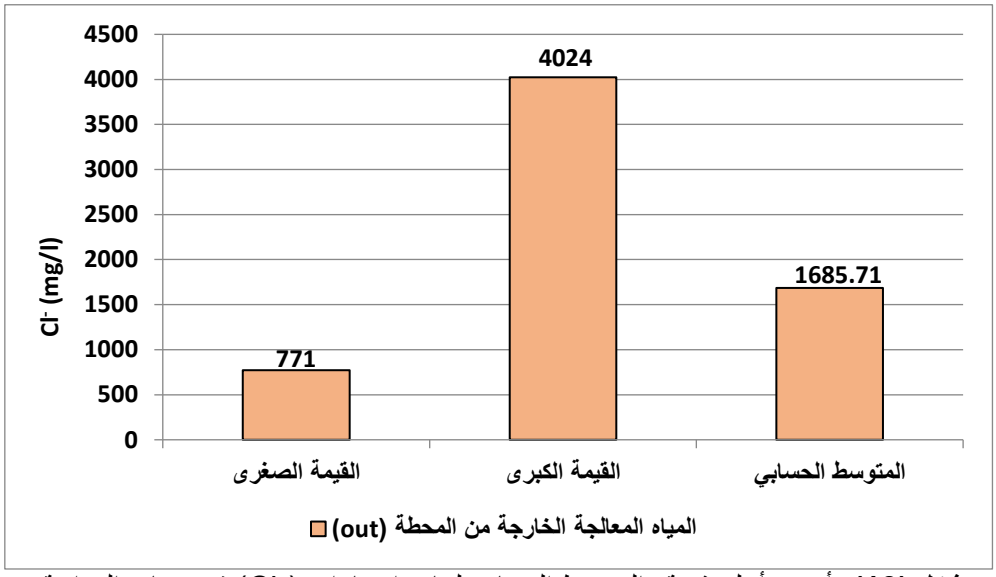
من الجدول (3) والشكل (12) تبين ان قيم نتائج اختبارات العسرة الكلية (TH) التي يعبر عنها كيميائياً بمكافئ كربونات الكالسيوم ($CaCO_3$ Equivalent) في عينات المياه المعالجة الخارجة من المحطة تراوحت ما بين (560-870مليجرام/لتر) بمتوسط حسابي عام (741.63مليجرام/لتر) وبانحراف معياري (71.36)، وعند مقارنة متوسط TH في عينات المياه المعالجة الخارجة من المحطة بالمواصفات والمعايير التصميمية للمحطة تبين انه قد تجاوز الحد الاقصى المسموح به (200مليجرام/لتر)، وبالمقارنة مع تصنيف (Boyd, 2000) ومع تصنيف (Todd and Mays, 2005) وفقًا لدرجة عسرة الماء وجدنا ان المياه المعالجة الخارجة من المحطة تصنف عسرة جداً (Very Hard).



شكل (12): أدني وأعلى قيمة والمتوسط الحسابي لنتائج اختبارات (TH) في عينات الدراسة.

8. الكلوريد (Cl^-) Chloride

تم اجراء اختبارات الكلوريد Cl^-على عينات الدراسة وكانت أدني قيمة مسجلة (771مليجرام/لتر) وأعلى قيمة (2024مليجرام/لتر) بمتوسط حسابي عام لجميع القيم (1685.71مليجرام/لتر) وبانحراف معياري (266.74) كما هو مبين في الجدول (3) والشكل (13) وعند مقارنة متوسط قيم نتائج Cl^- في عينات المياه المعالجة بالمواصفات والمعايير التصميمية للمحطة تبين انه تجاوز الحد الاقصى المسموح به (750مليجرام/لتر) بكثير.



شكل (13): أدني وأعلى قيمة والمتوسط الحسابي لنتائج اختبارات (Cl^-) في عينات الدراسة.

جدول (2): نتائج اختبارات الخواص الكيميائية للمياه المعالجة الخارجة من المحطة خلال فترة الدراسة.

الخاصية / الشهر	الأس الهيدروجيني (pH)	الطلب الحيوي على الاكسجين BOD (mg/l)	الطلب الكيميائي على الاكسجين COD (mg/l)	النترات NO_3 (mg/l)	النتريت NO_2 (mg/l)
مارس 2022	7.6	22	62.67	19.50	0.18
إبريل	7.54	20	51.67	18.20	0.17
مايو	7.69	21	55.33	18.10	0.16
يونيو	7.67	21	47.33	14.33	0.12
يوليو	7.55	14	33	14.35	0.18
أغسطس	7.27	12	39	15.18	0.20
سبتمبر	7.59	12	35.5	15	0.17

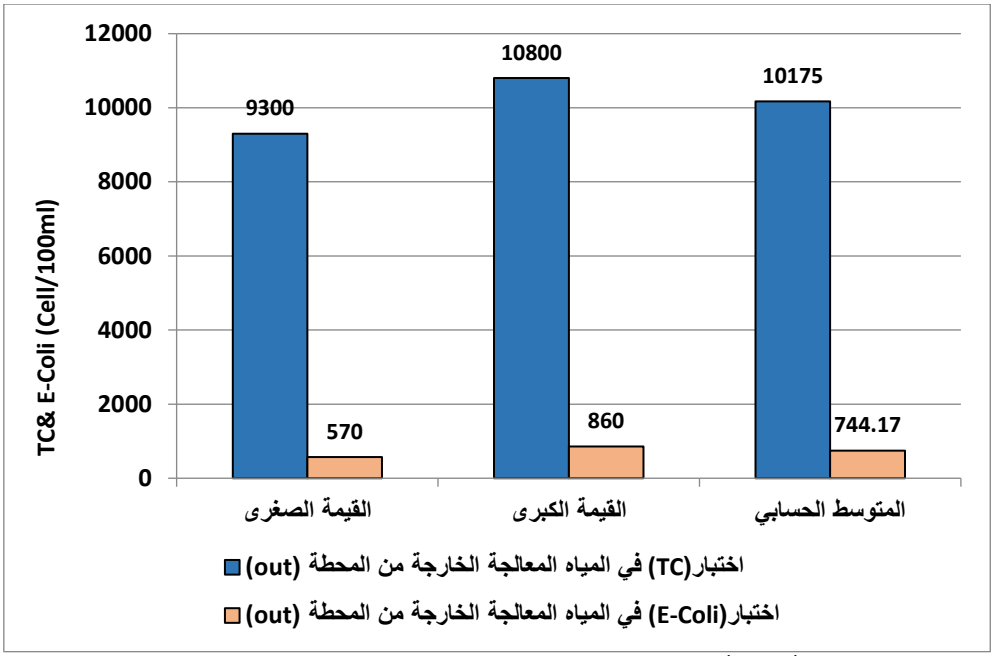
أكتوبر	7.92	18	50	16.75	0.16
نوفمبر	7.78	18	49	15.10	0.17
ديسمبر	7.84	30	72	14.00	0.16
يناير 2023	7.8	22	50	16.25	0.20
فبراير	7.88	17	46.33	18	0.18
المتوسط العام	7.68	18.92	48.93	16.23	0.17
الانحراف المعياري	0.24	8.74	15.95	1.91	0.02

جدول (3): نتائج اختبارات الخواص الكيميائية للمياه المعالجة الخارجة من المحطة خلال فترة الدراسة

الخاصية / الشهر	الامونيا NH_3 (mg/l)	العسرة الكلية TH (mg $CaCO_3$/l)	الكلوريد Cl^-(mg/l)
مارس 2022	28.50	857.00	1805.33
إبريل	18.75	725	1699.25
مايو	27.50	700	1502.25
يونيو	20.50	760	1473.75
يوليو	12.33	765	1623.25
أغسطس	6.33	767.50	1779
سبتمبر	27.00	725	1830.38
أكتوبر	30.00	670	1723.75
نوفمبر	41.00	657.50	1615.25
ديسمبر	51.50	735	1701.75
يناير 2023	60.50	740	1581
فبراير	60	798	1923.5
المتوسط العام	33.18	741.63	1685.71
الانحراف المعياري	19.05	71.36	266.74

ج. اختبارات الخواص الحيوية Biological Properties Tests

تم اجراء اختبارات شهرية طول فترة الدراسة على عينات المياه المعالجة الخارجة من المحطة لتقدير الخواص الحيوية المتمثلة في (Total Coliforms Bacteria& E-Coli) فكانت قيم نتائج اختبارات العدد الكلي لبكتريا القولون TC تتراوح ما بين (0.93×10^4-1.08×10^4خلية لكل 100مليلتر) بمتوسط حسابي عام (1.0175×10^4خلية لكل 100مليلتر) وبانحراف معياري (497.494)، بينما تراوحت نتائج اختبارات البكتريا القولونية E-Coli في العينات ما بين (0.57×10^3-0.86×10^3خلية لكل 100مليلتر) بمتوسط حسابي عام (0.744×10^3خلية لكل 100مليلتر) وبانحراف معياري (96.244) كما هو مبين في الجدول (4) والشكل (14) وعند مقارنة النتائج بالمواصفات القياسية الليبية (769-2013) تبين أن جميع القيم كانت أعلى بكثير من الحد الأقصى المسموح به (2.0خلية لكل 100مليلتر).



شكل (14): أدني وأعلى قيمة ومتوسط نتائج اختبارات (TC& E-Coli) في العينات.

جدول (4): نتائج اختبارات الخواص الحيوية للمياه المعالجة الخارجة من المحطة خلال فترة الدراسة.

E-Coli Cell/100ml	TC Cell/100ml	الاختبار / الشهر	E-Coli Cell/100ml	TC Cell/100ml	الاختبار / الشهر
790	10800	أكتوبر	840	10800	مارس 2022
820	9800	نوفمبر	720	9700	إبريل
810	10000	ديسمبر	780	10100	مايو
680	9300	يناير 2023	860	10500	يونيو
760	10400	فبراير	730	10500	يوليو
744.17	10175	المتوسط العام	570	9600	أغسطس
96.244	497.494	الانحراف المعياري	570	10600	سبتمبر

خاتمة conclusion

من خلال نتائج الاختبارات الفيزيائية والكيميائية والحيوية للمياه المعالجة الخارجة من المحطة وبمقارنتها بالمعايير والمواصفات المحلية والدولية اتضح أن مؤشرات التلوث التالية: المواد الصلبة العالقة TSS والعكارة TU والطلب الحيوي على الاكسجين BOD و الطلب الكيميائي على الاكسجين COD و النتريت NO_2 كانت ضمن الحدود المسموحة أي ان كفاءة المحطة عالية في ازالة هذه المؤشرات بينما كانت كفاءة المحطة متوسطة في إزالة : الامونيا NH_3 و النترات NO_3 وكانت الكفاءة منخفضة جداً في تخفيض وإزالة كل من: التوصيلية الكهربائية EC والمواد الصلبة الذائبة TDS والكلوريد Cl^- والعسرة الكلية TH وفي تخفيض العدد الكلي لبكتريا القولون TC والبكتريا القولونية E-Coli.

المراجع: References

1. ش. م. ل. (2023). *المواصفات والمعايير التصميمية لمحطة معالجة مياه الصرف الصحي*، الشركة الليبية للحديد والصلب، إدارة خدمات المياه والغاز، قسم خدمات الشبكات ومحطات الصرف والتنقية، مصراته، ليبيا.
2. عون، نجاة المبروك، عون، سهام المبروك، وعبد الجواد، الجيلاني محمد. (2019). *دراسة بعض الخواص الفيزيوكيميائية والبيولوجية في مياه الصرف المعالجة بمحطة المجمع الفندقي "دار تليل" لتحديد مدى ملائمتها لري المسطحات الخضراء* – صبراته- ليبيا. *مجلة كلية العلوم الزراعية بجامعة بنها*، 57(1)، 227 –236.
3. الليبية، ا. ا. (2013). *المواصفات القياسية الليبية لمياه الصرف الصحي المعالجة للتخلص منها في البيئة البحرية*، وزارة التخطيط، المركز الوطني للمواصفات والمعايير القياسية، م ق ل 769: 2013، طرابلس، ليبيا.

4. المسماري، مهند هنداوي. (2012) تقييم كفاءة أداء محطة معالجة مياه الصرف الصحي-طبرق [رسالة ماجستير غير منشورة]. أكاديمية الدراسات العليا-بنغازي.
5. APHA. (1998). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. 20th edition. American Public Health Association, Washington, DC.
6. APHA. (2005). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. 21st Edition. American Public Health Association Washington, DC, USA.
7. ASTM. (1984). *Annual Book of ASTM standard* (American Society for Testing and Materials) printed in Easton Md U.S.A.
8. Boyd, C. E. (2000). *Water quality and Introduction*. Kluwer Academic Publishers, USA.
9. Todd, D, K. & Mays, L. (2005). *Ground water hydrology*. 3thEd, John Wiley and Sons,
Inc., 636P. New York, USA.
10. USEPA. (2010). *Method 1664, Revision B*: n-Hexane Extractable Material (HEM; Oil and Grease). EPA- 821- R-10 -001. U.S. Environmental Protection Agency Office of Water, (4303T), 1200 Pennsylvania Avenue, NW Washington, DC 20460.