مجلة جامعة بني وليد للعلوم الإنسانية والتطبيقية
Bani Waleed University Journal of Humanities and Applied Sciences
تصدر عن– جامعة بني وليد – ليبيا
Website:https://jhas-bwu.com/index.php/bwjhas/index
ISSN 3005-3900 الصفحات (80- 91) المجلد الحادي عشر – العدد الأول – 2026

Assessment of the efficiency of the wastewater treatment plant at Zawia Oil Refinery and the compliance of the treated water with Libyan standard specifications

Hanan Ali Mohammed Alkhuwaylidi [1]*, Fatima Abu Bakr Aldeeb [2], Ahmad Mami [3]
[1.2.3] Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, University of Zawia, Zawia, Libya.
ah.mami@zu.edu.ly

تقييم كفاءة محطة معالجة مياه الصرف الصحي بمصفاة الزاوية لتكرير النفط ومدى مطابقة المياه المعالجة للمواصفات القياسية الليبية

حنان علي محمد الخويلدي [1]*، فاطمة أبوبكر الديب [2]، أحمد المهدي مامي [3]
[3.2.1] قسم الهندسة المدنية، كلية الهندسة، جامعة الزاوية، الزاوية، ليبيا.

Received: 26-11-2025	Accepted: 28-12-2025	Published: 15-01-2026

Copyright: © 2026 by the authors. This article is an open-access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

الملخص:
تم تقييم كفاءة محطة معالجة مياه الصرف الصحي في شركة الزاوية لتكرير النفط لمدة 3 اشهر وبمعدل عينة شهريا عند مدخل ومخرج المحطة، حيث درست محددات التلوث البيئي للمياه الواردة إلي المحطة والمياه المعالجة وقبل تصريفها إلي الأراضي الزراعية، وشملت هذه المحددات كل من الاحتياج الحيوي للأكسجين والاحتياج الكيميائي للأكسجين والمواد الصلبة الذائبة الكلية والأس الهيدروجيني ودرجة الحرارة والتوصيل الكهربائي والأكسجين الذائب ودرجة الحرارة، وقد لوحظ أن كفاءة المحطة في التخلص من **BOD** تصل إلي 94.1% ومن **COD** إلي 93.8، وبشكل عام فأن المحطة تعمل بكفاءة ممتازة حيث أن قدرتها التصميمية تبلغ 1100 متر مكعب يوميا ،وكان متوسط تراكيز **COD** و **BOD** و **TDS** للعينات عند مخرج المحطة علي التوالي، 13.5و7.3و1758.3 **mg**/l حيث كانت هذه التراكيز داخل حدود المواصفات القياسية الليبية للمياه المعالجة ومتوسط الأكسجين الذائب عند المخرج 5.03، ومتوسط درجات الحرارة لعينات مياه الصرف المعالجة25.5درجة مئوية، ومتوسط **pH** للعينات 8.11 ، وكانت درجات الحرارة والأس الهيدروجيني داخل حدود المواصفات الليبية، ومتوسط الموصلية الكهربائية للعينات عند المخرج 2747 **si/cm** حيث كانت داخل حدود المواصفات الليبية.

الكلمات الدالة: معالجة مياه الصرف، كفاءة إزالة الملوثات، BOD5، COD، جودة المياه، البيئة البحرية، استدامة الموارد المائية.

Abstract
The efficiency of the wastewater treatment plant at Al-Zawiya Oil Refining Company was evaluated for 3 months، at the rate of a sample per month, taken from both the inlet and outlet of the plant, where the determinants of environmental pollution of the water entering the plant and the treated water and before discharging it to agricultural lands were studied These

determinants included both the biological need for oxygen, the chemical need for oxygen, total dissolved solids, pH, temperature, electrical conductivity, dissolved oxygen and temperature, and it was observed that the efficiency of the plant in disposing of BOD reach 94.1% and COD to 93.8, and in general, the plant is operating with excellent efficiency as its design capacity is 1100 cubic meters per day, and the average concentrations of COD, BOD and TDS for the samples at the outlet of the plant were 13.5, 7.3 and 1758.3 1/mg, respectively, where these concentrations were within the limits of the Libyan standard specifications for treated water, and the average dissolved oxygen at the outlet was 5.03, and the average temperatures of the treated wastewater samples were 25.5 degrees Celsius, and average. The pH of the samples was 8.11, the temperatures and pH were within the limits of the Libyan specifications, and the average electrical conductivity of the samples at the output was 2747 si/cm, where it was within the limits of the Libyan specifications.

Keywords: Wastewater treatment, pollutant removal efficiency, BOD5, COD, water quality, marine environment, water resource sustainability.

1. المقدمة

تعد مياه الصرف الصحي من أكبر مصادر التلوث البيئي على المستوي العالمي من حيث الحجم، حيث تنتج مياه الصرف الصحي من المخلفات السائلة المنزلية الناتجة عن المباني السكنية وعن المخلفات السائلة الناتجة عن بعض الصناعات الغذائية ، بالإضافة الى مياه الامطار التي تصل الى الشبكة[1] ،ومع الزيادة المستمرة في معدلات استهلاك المياه نتيجة زيادة عدد السكان والتوسع العمراني . كما ان مياه الصرف الصحي الغير معالجة او معالجة بقيم خارج المواصفات والمعايير تشكل خطر بيئي وصحي عند صرفها في المياه السطحية او الجوفية[2]

تعتبر مياه الصرف الصحي واحدة من أخطر المشاكل علي الصحة العامة في معظم دول العالم الثالث، لأن أغلب هذه الدول ليس لديها شبكة صرف صحي متكاملة، والمشكلة الكبرى عندما تلقي المدن الساحلية مياه الصرف الصحي في البحار دون معالجة مسببة بذلك مشكلة صحية خطيرة وتحتوي مياه الصرف الصحي علي كمية كبيرة من المركبات العضوية وتراكيز عالية من المحددات البيئية الضارة [4] ،وأعداد رهيبة من الكائنات الحية الدقيقة الهوائية واللاهوائية وتؤثر هذه الكائنات في المركبات العضوية والغير عضوية مسببة نقصا في الأوكسجين إذا ألقيت في البحر وبذلك تختنق الكائنات التي تعيش في البحر وتسبب في موتها.

محطة معالجة مياه الصرف الصحي عباره عن مجموعة من الأليات لغرض إزالة الملوثات العضوية الموجودة في مياه الصرف الصحي مع فصل الشوائب الصلبة ، بحيث يمكن تصريفها دون الإضرار بالبيئة والصحة العامة أو إعادة استعمالها مرة أخرى في مختلف المجالات بشكل آمن . يرتبط تقييم عمل محطة معالجة مياه الصرف الصحي بشكل كبير بكفاءة تقنيات عمل وحدات المعالجة وكذلك بمواصفات المياه التي خضعت للمعالجة في هذه الوحدات، ويتم ذلك عادة بأخذ عينات للحصول على المعلومات اللازمة لتشغيل مختلف الوحدات حسب تراكيز ونوعية مياه الصرف الواردة إلى المحطة [1].

ولضمان تقييم شامل ودقيق لأداء المحطة، ركزت هذه الدراسة على قياس مجموعة من محددات التلوث البيئي الأساسية، التي تمثل المؤشرات الأكثر اعتمادا عالميا لتقييم كفاءة محطات معالجة مياه الصرف الصحي وارتباطها المباشر بجودة المياه قبل تصريفها إلى البيئة البحرية. يشمل ذلك BOD وCOD كمؤشرين رئيسيين لقياس الحمل العضوي وكفاءة الإزالة، وTDS وEC لتقييم مستوى الأملاح الذائبة وتأثيرها المحتمل على البيئة البحرية، بالإضافة إلى pH ودرجة الحرارة لتأثيرهما على استقرار العمليات التشغيلية، والأكسجين الذائب (DO) كمؤشر على كفاءة التهوية وجودة المياه الخارجة من المحطة، بما يتوافق مع المواصفات القياسية الليبية والدراسات السابقة.

2. مشكلة الدراسة: - تتمثل مشكلة هذه الدراسة في تقييم مدى كفاءة محطة معالجة مياه الصرف الصحي بمصفاة الزاوية لتكرير النفط في تحسين نوعية المياه الخارجة قبل تصريفها إلى البحر. فتصريف المياه

المعالجة مباشرة إلى البيئة البحرية قد يؤدي إلى مشاكل بيئية متعددة، مما يسهم في تدهور نوعية المياه الساحلية ويؤثر سلبًا في التوازن البيولوجي للنظم البيئية البحرية. بناء على ذلك، تسعى الدراسة إلى تحديد مدى فعالية وحدات المعالجة المختلفة في إزالة الملوثات وضمان مطابقة المياه المعالجة للمعايير البيئية المعتمدة.

3. أهمية الدراسة: -على الرغم من كثرة عدد محطات معالجة مياه الصرف الصحي في جميع أنحاء البلاد، إلا أننا مازلنا نعاني من مشاكل عديده بسبب توقفها وعدم صيانتها أو قلة الكفاءة، وهنا تكمن أهمية هذا البحث الذي يلقي الضوء على تقييم أداء محطة معالجة مياه الصرف الصحي بمصفاة الزاوية لتكرير النفط، وتحديد كفاءة المعالجة في إزالة الملوثات ومدي مطابقة نوعية المياه المنتجة للمواصفات القياسية الليبية.

4. أهداف الدراسة: -

تهدف هذه الدراسة إلى تقييم كفاءة محطة معالجة مياه الصرف الصحي بمصفاة الزاوية لتكرير النفط، في إزالة الملوثات وتحسين جودة المياه قبل تصريفها إلى البحر. يشمل التقييم تحليل الخصائص الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية للمياه عبر مختلف مراحل المعالجة، مع التركيز على محددات التلوث البيئي الرئيسية وهي الاحتياج الحيوي للأكسجين والاحتياج الكيميائي للأكسجين والمواد الصلبة الذائبة الكلية والأس الهيدروجيني ودرجة الحرارة والتوصيل الكهربائي والأكسجين الذائب ودرجة الحرارة، كما تُقارن النتائج بالمواصفات القياسية الليبية لتحديد مدى قدرة المحطة على الحد من التأثيرات البيئية السلبية وحماية البيئة البحرية.

5. منهجية الدراسة: تعتمد الدراسة علي:

1.5 الجانب النظري:

القيام بزيارات ميدانية لموقع الدراسة لجمع معلومات وبيانات من ناحية مكونات المحطة وأسلوب المعالجة المتبع في المحطة والمشاكل التي تحدث به، والاطلاع على دراسات سابقة عن تقييم محطات الصرف.

1.1.5. مصادر مياه الصرف الصحي بمصفاة الزاوية

1- المدينة السكنية التي تتكون من (375) منزل بمتوسط عدد أفراد يبلغ للأسرة الواحدة خمسة أشخاص.

2- المرافق الإدارية والخدمية التي يصل عدد المستخدمين به إلى حوالي اكثر من (3200 مستخدم)، بالإضافة إلى جانب المباني الإدارية الخاصة بالمركز النوعي للصناعات النفطية التي تحوي على (220مستخدم و200 طالب) ومبيت الطلبة الخاص بالمركز والذي يشمل (250 طالب).

2.1.5 -طريقة المعالجة المتبعة للمياه الصرف الصحي في مصفاة الزاوية

تتدفق مياه الصرف الصحي انسيابياً داخل محطة الرفع، سعة العمل لمحطة الرفع ملائمة وكافية لاحتواء أي زيادة في مياه الصرف الصحي خلال الفترات التي يكون فيها الدفق الداخل إلى محطة المعالجة يصل إلى الحد الأقصى. محطة الرفع مزودة وكمرحلة أولية بمصفيات في مدخل المحطة لحماية المضخات من العوالق الصلبة، تقوم المضخات المغمورة بالمحطة بضخ المياه عبر قناتين إلى داخل أحواض التهوية لغرض المعالجة الحيوية كمرحلة ثانية. في أحواض التهوية، يتم إزالة أي شوائب أو مواد عالقة قبل المعالجة البيولوجية بواسطة المطحنة التي تعمل على تفتيت المواد العالقة وفي حالة مرورها يتم إزالتها بواسطة مصفي ثانوي، ويتم إزالة الزيوت أو شحوم الطافية بواسطة المصيدة التي يتم تنظيفها يدوياً وعلى فترات دورية، ينتقل الدفق بعد هذه المرحلة إلى أحواض التهوية حيث يتم خلطها وتدويرها مع الحمأ المنشط (خليط من الكائنات الدقيقة) يخلط المزيج لمنع الترسيب ويزود بالهواء لتوفير الأكسجين اللازم لتنفس الأحياء الدقيقة، عملية المزج والتزويد بالهواء تتم عن طريق نظام تهوية مصمم لهذا الغرض. خلال هذه العملية يتم إزالة المواد العضوية بواسطة الكائنات الدقيقة وينتج عنه تكاثر وزيادة في عدد الأحياء الدقيقة، عند نهاية التفاعل الحيوي يتدفق السائل خارج أحواض التهوية إلى خزانات الترسيب حيث تتناقص السرعة ويفصل الحمأة ويترسب إلى قاع خزانات الترسيب. الحمأ المترسب يتم كشطه من قاع الخزان بواسطة كاشطات ويضخ إلى بداية خزانات المرحلة البيولوجية لإعادة تنشيط العملية البيولوجية، والزائد منه يرحل إلى خزانات حفظ الحمأة المهواة. بعد انتهاء مرحلة الترسيب يرحل الدفق إلى خزان الكلور حيث يتم حقن الكلور لأغراض

التعقيم للقضاء على الأحياء الدقيقة في خزان الحفظ ،يخضع الحمأة إلى معالجة إضافية بواسطة الاستمرار في التهوية استعدادا لترحيله إلى أحواض التجفيف، والمترشح من أحواض التجفيف يرجع انسيابيا إلى محطة الرفع. مفاتيح المنسوب في خزان الكلور تتحكم في تشغيل مضخات التغذية التي تقوم بترحيل المياه إلى المرشحات الرملية، حيث يتم التخلص من المواد العضوية للوصول بالمياه المعالجة إلى درجة عالية من النقاوة، ويرحل الدفق إلى خزان المنتج النهائي وبالتالي بالإمكان استعماله في أغراض الري والإلقاء.

2.5. الجانب العملي:

1.2.5. جمع العينات

طريقة أخذ عينات مياه الصرف الصحي لإجراء الاختبارات المعملية**:**

تم أخذ عينات من مياه الصرف الصحي والصناعي بشكل دوري على مدار ثلاثة أشهر متواصلة وبمعدل عينة شهريا من موقعين مختلفين هما

موقع الأول: مدخل محطة المعالجة قبل المعالجة

الموقع الثاني: المخرج النهائي للمحطة بعد المعالجة

جمعت العينات وثم وضعهم بقنينة حافظة سعتها 1 لتر وبغطاء محكم عليها وملصق عليها بطاقات مرقمة على كل عبوة مكتوب عليها اسم العينة التاريخ وموقع أخذ العينة، ثم أجري عليها عدد من الاختبارات الطبيعية والكيميائية بمختبر التحاليل البيئية بشركة الزاوية لتكرير النفط.

6. الاختبارات المعملية والنتائج

1.6. الاختبارات الفيزيائية والكيميائية لمياه الصرف الصحي

العينات التي تم أخذها تم إجراء عليها مجموعة من الاختبارات لمعرفة بعض الخصائص الفيزيائية والكيميائية وهي:

اختبار ((Concentration of Petroleum Hydrocarbon(TPH) درجة الحرارة، الأس الهيدروجيني، متطلبات الأكسجين الكيميائي، متطلبات الأكسجين الحيوي، مجموع الأملاح الصلبة الذائبة، مجموع الأكسجين المذاب، التوصيل الكهربائي.

2.6 الغرض من إجراء الاختبارات المعملية على عينات مياه الصرف الصحي:

1-معرفة مدي كفاءة محطة معالجة مياه الصرف الصحي.

2- معرفة مدي تلوث المياه بالملوثات العضوية وغيرها.

3- معرفة مدي مطابقة مياه الصرف الصناعي المعالجة للمواصفات القياسية.

7. الاختبارات المعملية:

1.7 الاختبارات الطبيعية (الفيزيائية):

1-درجة الحرارة T: وهي درجة حرارة الوسط المائي وتقاس بالدرجة المئوية بواسطة الترمومتر أو بواسطة جهاز خاص غالبا ما يقوم بقياسات أخري إلى جانب درجات الحرارة مثل جهاز HQ40d الموضح في الشكل (1) وتمت معايرة الجهاز بثلاثة محاليل منظمة، وعادة ما تكون درجة حرارة مياه الصرف الصحي ما بين (20-30) درجة مئوية. وتعيين درجة الحرارة للمياه من القياسات الهامة لأن البكتيريا التي تعتمد عليها عملية المعالجة لا تعيش في درجة حرارة أكثر من 40 درجة مئوية.

الشكل (1) يوضح جهاز HQ40d

2.4.4 الاختبارات الكيميائية:

1-الأس الهيدروجيني pH:

هو مؤشر الحموضة وقلوية المياه، والمجال المناسب للأس الهيدروجيني لمياه الري بالنسبة للصرف الصحي هو من (6-8.5) والصناعي هو من (6-9) وخارج هذا المجال لا تعتبر المياه صالحة للري، ويعتبر الأس الهيدروجيني عمل روتيني عند تقييم مياه الصرف الصحي للري، وعندما يكون الأس الهيدروجيني للعينة 7 يعني أن العينة متعادلة وكلما زاد الرقم من 7 إلى 14 تزداد قاعدية العينة وكلما تناقص إلى الصفر تزداد حامضية العينة.

الشكل (2) يوضح قياس pH لعينة مياه الصرف.

2 متطلبات الأكسجين الحيوي BOD: هي كمية الأكسجين التي تستهلك في عملية الأكسدة الحيوية للمواد العضوية البسيطة عن طريق البكتيريا الهوائية في درجة حرارة معينة وخلال فترة زمنية محددة، واختبار قياس BOD يجري على مياه الصرف الصحي حيث يتم عمله في 5 أيام عند درجة حرارة 20 درجة مئوية لأن عند هذه الظروف نسبة الأكسدة تصل إلى أكثر من 70%.

الشكل (3) يوضح جهاز قياس BOD.

3-متطلبات الأكسجين الكيميائي COD

الأكسجين الكيميائي الممتص اختبار هام يقاس به القوة العضوية للمخلفات السائلة، وهذا الاختبار يقيس المواد العضوية التي يمكن أكسدتها بواسطة عامل مؤكسد كيميائي قوي، ووحدة قياسه هي(mg/l).

الشكل (4) يوضح جهاز DR6000

الشكل (5) يوضح جهاز Digital reactor

4-الأكسجين الذائب DO

وهي كمية الأكسجين الذائبة في لتر من المياه ويقاس بالمليجرام، والذي تستهلكه الكائنات الحية في مياه الصرف، فكلما زادت نسبة استهلاك الأكسجين فهذا يعني زيادة الملوثات العضوية، وتم قياسه في مختبر التحاليل البيئية بشركة الزاوية لتكرير النفط باستخدام جهاز HQ40d الذي يستخدم لقياس EC وTDS الموضح في الشكل (6)، وذلك بوضع قطب الجهاز في عينة مياه الصرف الصحي.

الشكل (6) يوضح جهاز قياس الأكسجين الذائب لعينة المياه.

5-المواد الصلبة الذائبة في المياه TDS:

هي جزيئات المواد الصلبة الذائبة بين الجزيئات السائلة، وتم قياسها باستخدام جهاز HQ40d عن طريق وضع قطب الجهاز في عينة مياه الصرف ويعطي القراءة ب mg/L.

6-التوصيل الكهربائي:

ويشير هذا الاختبار إلي مدي احتواء عينة المياه علي المواد الصلبة الذائبة والقابلة للتأين ويقاس بالميكرو سيمنس si/cm ، ويعطي هذا الاختبار مؤشرا لكمية الأملاح الذائبة في الوسط المائي ، ويستخدم جهاز HQ40d لقياس التوصيل الكهربائي للمياه عن طريق وضع قطب الجهاز في العينة.

7. النتائج

تم أخذ 6 عينات، ثلاثة عند المدخل وثلاثة عند المخرج بأشهر مختلفة وأجري عليها عدد من الاختبارات الطبيعية والكيميائية في مختبر التحاليل البيئية بشركة الزاوية لتكرير النفط وتم حساب كفاءة الإزالة من العلاقة التالية:

$$E\ \% = (Cin - Cout\ /Cin) * 100 \quad [2]$$

حيث تمثل Cin تركيز مؤشر التلوث في التدفق الداخل للمحطة (mg/l) ، بينما تمثل Cout تركيز مؤشر التلوث في التدفق الخارج من المحطة (mg/l).

وكانت النتائج كالتالي:

بين الجدول 1النتائج المتوسطة لقياس مؤشرات التلوث البيئي عبر مدخل ومخرج مياه الصرف الصحي المعالجة

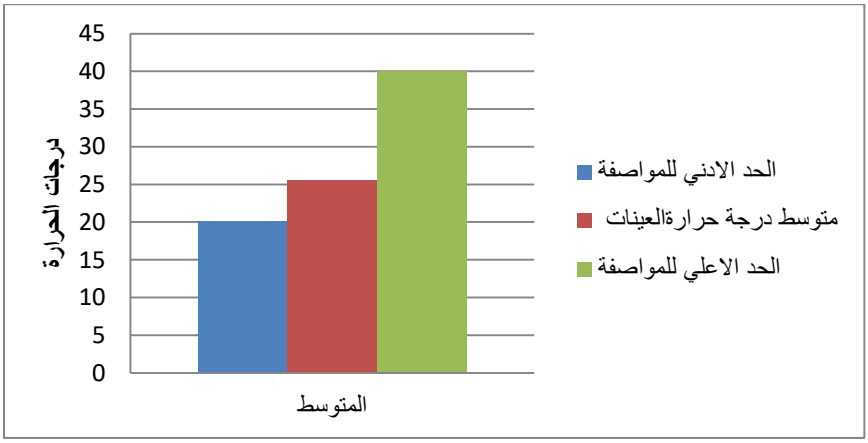
الجدول (1) نتائج تراكيز مؤشرات التلوث في مياه الصرف الصحي غير المعالجة والمعالجة

الاختبار	مكان اخذ العينة للصرف الصحي	TDS للصرف الصحي	درجة الحرارة للصرف الصحي	والأس الهيدروجيني	الأكسجين الذائب للصرف الصحي	متطلبات الأكسجين الحيوي للصرف الصحي	التوصيل الكهربائي للصرف الصحي	متطلبات الأكسجين الكيميائي للصرف الصحي	TDS للصرف الصحي
الشهر الاول	مدخل المحطة	2752.64	27	7.9	3.5	118	4301	206	2752.64
	مخرج المحطة	1763.8	26.3	8.2	5	7.2	2756	12.6	1763.8
الشهر الثاني	مدخل المحطة	2954.88	25	8.06	3.01	140	4617	252	2954.88
	مخرج المحطة	1814.4	24.7	8.13	4.8	5.7	2835	9.975	1814.4
الشهر الثالث	مدخل المحطة	2699.52	26	7.94	3.3	113	4218	197.8	2699.52
	مخرج المحطة	1696.9	25.5	8	5.3	10	2651	18	1696.9
المتوسط	مدخل المحطة	2802.3			3.27	123.6	4378	218.6	2802.3
	مخرج المحطة	1758.3			5.03	7.3	2747	13.5	1758.3
متوسط نسبة الازالة						94.1		93.8	

1. الاختبارات الطبيعية:

- درجة الحرارة:

نلاحظ أن درجات الحرارة لعينات مياه الصرف الصحي عند المدخل تتراوح ما بين (26-27) درجة مئوية ومقارنة بالمواصفات الليبية لمياه الصرف الغير معالجة نلاحظ أن متوسط درجة حرارة العينات أقل من 40 درجة مئوية لأن البكتيريا لا تعيش في درجة حرارة أعلى من هذه الدرجة، أما عند المخرج تتراوح ما بين (25.5-26.3) درجة مئوية، فتتراوح درجة الحرارة بين (20-40) درجة مئوية في المواصفات الليبية أي داخل حدود المواصفة كما هو ملاحظ في الشكل (7)

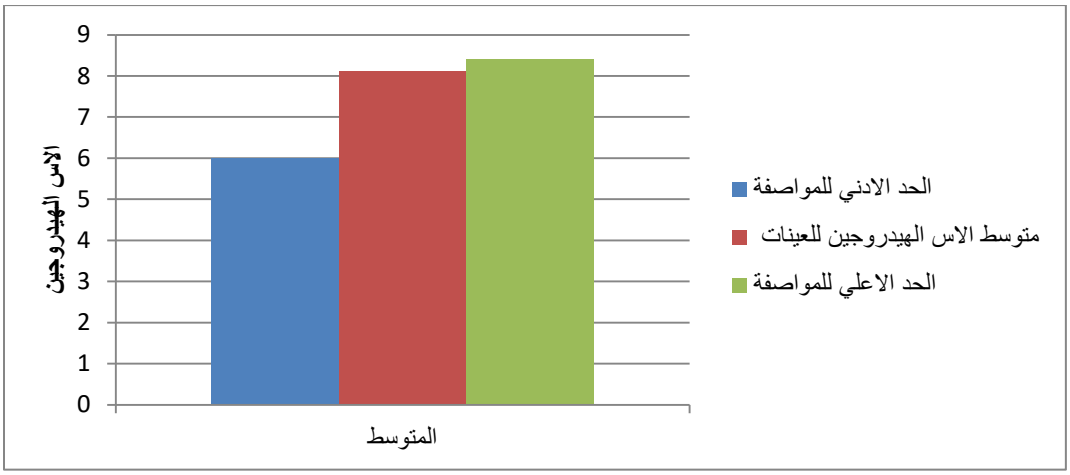


الشكل (7) يبين العلاقة بين متوسط درجة حرارة العينات عند المخرج والمواصفات القياسية الليبية.

2. الاختبارات الكيميائية:

1- الأس الهيدروجيني pH

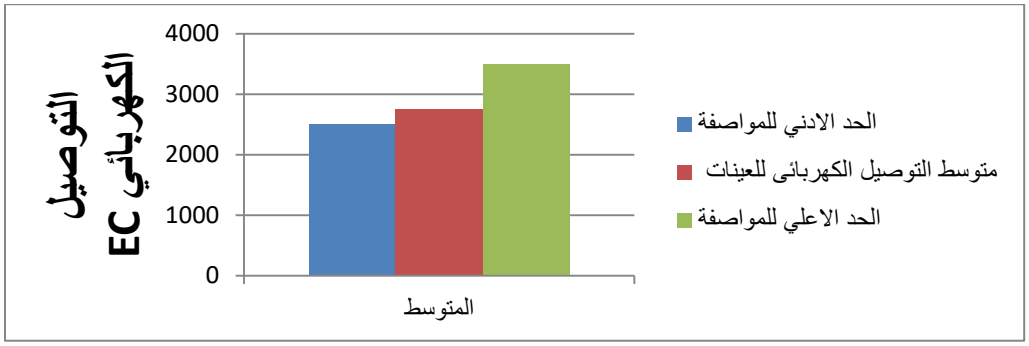
تم إجراء الاختبار على 3 عينات وكانت النتائج عند المدخل تتراوح بين (7.9-8.06) وعند المخرج تتراوح ما بين (8-8.2) وبمتوسط عند المخرج 8.11كما موضح في الشكل (3-5)، وكانت نتائج العينة الأولي والثانية والثالثة على التوالي ضمن حدود المواصفات القياسية الليبية والتي تتراوح من (6-8.4)



الشكل (8) يبين العلاقة بين متوسط الاس الهيدروجين للعينات عند المخرج والمواصفات القياسية الليبية.

2- التوصيل الكهربائي EC

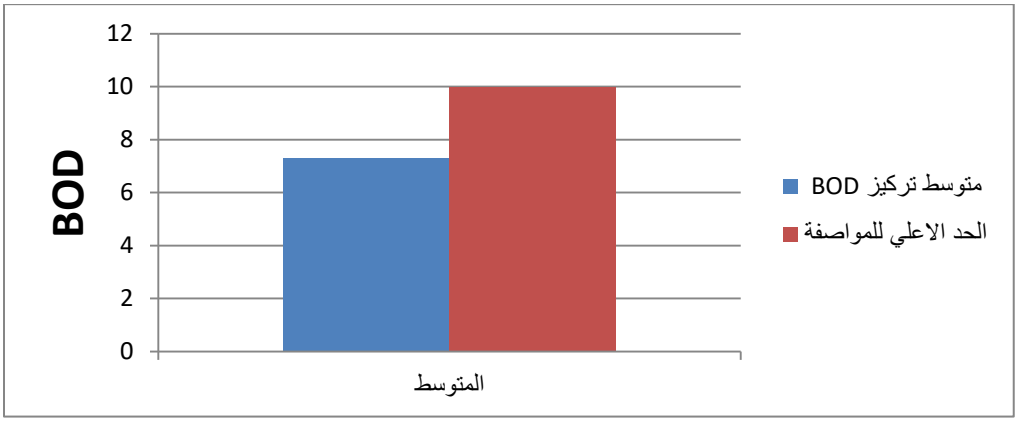
لقد أظهرت النتائج المتحصل عليها من الاختبارات أن متوسط التوصيل الكهربائي للعينات للمياه الداخلة للمحطة خلال فترة الدراسة هي 4378 usi /cm ، ومن خلال الشكل (9) نلاحظ أن متوسط التوصيل الكهربائي للعينات عند المخرج 2747 usi/cm ومقارنة بالمواصفات القياسية الليبية والتي تتراوح من(2500-3500) usi/cmنلاحظ ان المتوسط داخل المواصفات القياسية.



الشكل (9) يبين العلاقة بين متوسط التوصيل الكهربائي للعينات عند المخرج والمواصفات القياسية الليبية.

3- متطلبات الأكسجين الحيوي BOD:

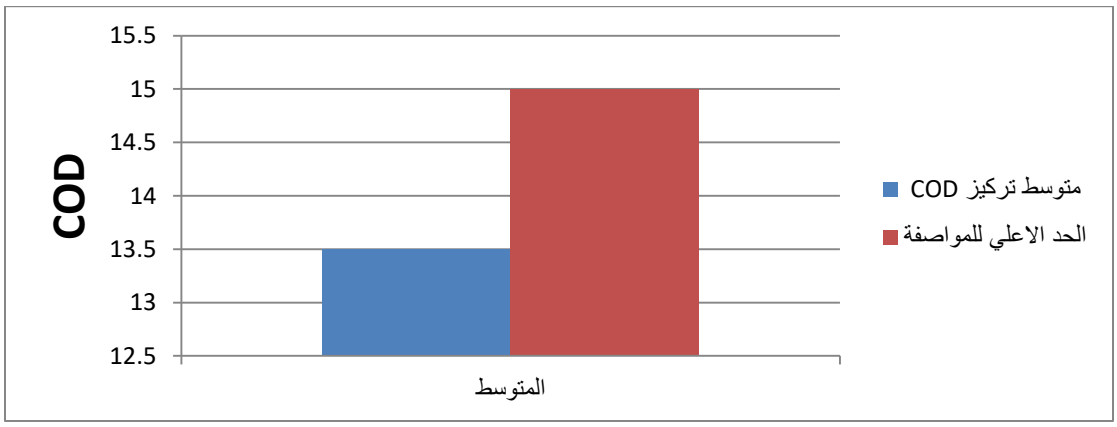
لقد تبين من خلال النتائج المتحصل عليها أن متوسط القيمة لتركيز BOD5 في المياه الداخلة إلي المحطة mg/123.6 ومقارنة بالمواصفات القياسية الليبية لمياه الصرف الصحي الخام الغير معالجة والتي تبلغ كحد أقصي mg/L 550 فأننا نجد أن تركيز المياه عند المدخل منخفضا ، بينما كانت متوسط النتائج المتحصل عليها للمياه المعالجة الخارجة من المحطة mg/L 7.3 ونلاحظ انخفاض تركيز BOD عند مخرج المحطة مقارنة بالمواصفات القياسية الليبية كما موضح في الشكل (10)،



الشكل (10) يبين العلاقة بين متوسط متطلبات الأكسجين الحيوي BOD للعينات عند المخرج والمواصفات القياسية الليبية.

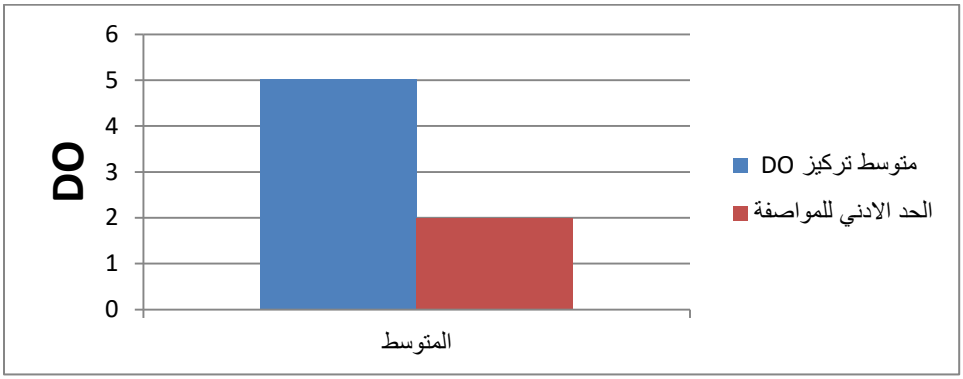
4- متطلبات الأكسجين الكيميائي COD :

لقد تبين من خلال النتائج المتحصل عليها أن متوسط القيمة لتركيز COD في المياه الداخلة إلي المحطة mg/l18.6 ومقارنة بالمواصفات القياسية الليبية لمياه الصرف الصحي الخام الغير معالجة والتي تبلغ كحد أقصي mg/L 900 فأننا نجد أن تركيز المياه عند المدخل منخفضا بينما كانت متوسط النتائج المتحصل عليها للمياه المعالجة الخارجة من المحطة mg/L 13.5 ونلاحظ انخفاض تركيز COD عند مخرج المحطة مقارنة بالمواصفات القياسية الليبية كحد اقصى mg/L 15 كما موضح في الشكل(11) ، وحيث بلغ متوسط نسبة إزالة COD في المحطة إلي 93.8% وتعتبر متوسط كفاءة الإزالة ممتازة.



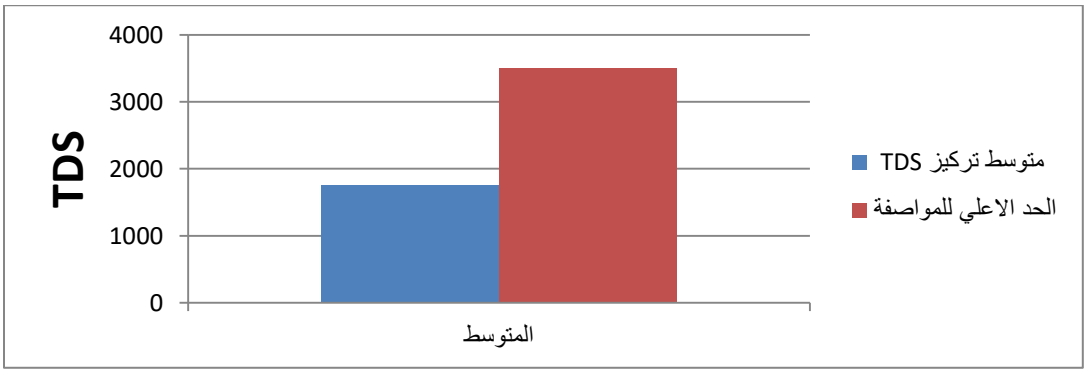
الشكل (11) يبين العلاقة بين متوسط متطلبات الأكسجين الكيميائي COD للعينات عند المخرج والمواصفات

5- الأكسجين الذائب DO: ومن خلال النتائج المتحصل عليها من الاختبارات في مختبر التحليل نلاحظ أن متوسط تركيز الأكسجين الذائب للعينات عند مخرج المحطة 5.03 mg/L ومقارنة بالمواصفات القياسية الليبية كحد اقصى لا تقل عن 2 mg/L كما موضح في الشكل (12) نلاحظ ان متوسط تركيز العينات الثالث داخل حدود المواصفة



الشكل (12) يبين العلاقة بين متوسط متطلبات الأكسجين الذائب DO للعينات عند المخرج والمواصفات القياسية الليبية.

6. **مجموع المواد الصلبة الذائبة TDS** نلاحظ من خلال النتائج المتحصل عليها من الاختبارات في مختبر التحليل أن متوسط تركيز TDS للعينات الصرف الصحي عند المخرج1758.3 mg/L ومقارنة بالمواصفات القياسية الليبية والتي تتراوح ما بين (1600-3500) mg/L فأن هذه التراكيز داخل حدود المواصفة كما موضح في الشكل (13)



الشكل (13) يبين العلاقة بين متوسط مجموع المواد الصلبة الذائبة TDS للعينات عند المخرج والمواصفات القياسية الليبية.

المناقشة والتوصيات

تظهر نتائج الدراسة توافقا مع الدراسات السابقة حول كفاءة المعالجة البيولوجية لمياه الصرف الصحي، حيث تشير نسب إزالة BOD وCOD، التي كانت أكبر من 90%، إلى فعالية عالية للمحطة في إزالة الملوثات العضوية والكيميائية، بما يتوافق مع ما ذكره [1] و[2]و[3]. تشير البيانات أيضاً إلى أن التذبذبات الطفيفة في الأحمال الهيدروليكية خلال فترة الدراسة لم تؤثر على متوسط كفاءة المحطة، إلا أن أي زيادة مفاجئة في التدفق قد تقلل زمن الاحتجاز وتؤثر على قدرة إزالة الملوثات العضوية.

تعد الصيانة الدورية عنصرا أساسيا لضمان استمرارية كفاءة المعالجة، إذ أن حدوث توقف مؤقت في المضخات أو الوحدات الحيوية يمكن أن يؤدي إلى ارتفاع مؤشرات BOD و CODبشكل مؤقت، مما يؤكد أهمية برامج الصيانة الوقائية المستمرة.

تظهر النتائج أن المياه المعالجة عند المخرج تقع ضمن الحدود المسموح بها وفق المواصفات الليبية، مما يقلل المخاطر على البيئة البحرية ويحافظ على مستويات الأكسجين الذائب المناسبة ويحد من نمو الطحالب المفرط. تعكس هذه النتائج قدرة محطة المعالجة على العمل بكفاءة عالية وتلبية كل المتطلبات البيئية.

بناء على ما تم في الدراسة تم اقتراح مجموعة من التوصيات أهمها

1- أخذ عينات مياه صرف صحي علي عدة فترات وإجراء الاختبارات الفيزيائية والكيميائية عليها علي فترات أطول.

2 - مواصلة الدراسة واجراء الاختبارات التي لم يتم اجرائها في هذه الدراسة مثل إجمالي الكربون العضوي والمركبات والعناصر الكيميائية.

3-تشجيع إعادة الاستخدام المستدام للمياه المعالجة ودراسة جدوى استخدام المياه المعالجة في الري الزراعي أو الصناعي لتقليل الضغط على الموارد المائية العذبة.

4- إجراء اختبارات بيولوجية علي مياه الصرف الصحي المعالجة لمعرفة عدد الخلايا البكتيرية الموجودة بها وبيان مدى صلاحية مياه الصرف الصحي المعالجة في إعادة الاستعمال.

5-ضرورة توفير معايير ومواصفات ليبية لكل مرحلة من مراحل المعالجة للمقارنة بها.

المراجع

[1]- ياسين راطة، عبدالقادر دواوي. (2023). تقييم معالجة مياه الصرف الصحي المعالجة وإمكانية إعادة استخدامها في مجال الري. مجلة بشائر: العلوم، المدرسة العليا للأساتذة القبة، العدد 7، جويلية 2023

[2]- دنيا ربيع، & عصام جمال غانم. (2023). دراسة معالجة مياه الصرف الصحي والصناعي لري الغابات الشجيرية والمسطحات الخضراء لرفع الوعي البيئي من خلال بعض أهداف التنمية المستدامة. Journal of Environmental Studies and Researches

[3]- المواصفات القياسية الليبية لمياه الشرب، كتاب المواصفات القياسية الليبية لسنة 2015 ميلادي.

[4]- ضياء الدين سالم واخرون (2008): تقييم كفاءة محطة معالجة مياه الصرف الصحي في النجف الأشرف. العراق: مجلة الكوفة لعلوم الكيمياء العراق

[5]- م.عمر خلف ،وآخرون، 2013،التقييم الفيزيائي والكيميائي لمياه الصرف الصحي المعالجة. مجلة الفرات للعلوم الهندسية

[6]-اليفه نعسان. سنة 2015. دراسة ملوثات مياه مصاب الصرف الصناعي في مدينة حلب.

[7]- م- محمد معن برادعي، 2018 ، دليل تصميم محطات معالجة مياه الصرف، مؤسسة زايد الدولية للبيئة".

[8]- مؤمن بن مصطفي، 2020 ، مياه الصرف وأثرها علي البيئة".

[9]- منظمة الصحة العالمية

[10]- م - أشرف عبد المحسن وآخرون، 2015 ، أساسيات معالجة مياه الصرف.

[11]- د محمود ،الفلاح، 2002، مدكرة منهجية هندسة بيئية غير منشورة.

[12]- د- محمد العدوي، 1988، النظم الهندسية للتغذية والمياه والصرف الصحي دار الراتب الجامعية.

[13]- م- محمد السيد خليل، 2004 ، الهندسة الصحية مياه الشرب والصرف الصحي، القاهرة: دار الكتب العلمية للنشر والتوزيع.

[14]-. Farid Benyahia, Department of Chemical and Petroleum Engineering.2006. Refinery wastewater treatment: a true technological challenge.

References

[1] Yassin Rata, Abdelkader Dawawi. (2023). Evaluation of treated wastewater and its potential for reuse in irrigation. Bashair Journal: Sciences, Higher Teacher Training School, Kouba, Issue 7, July 2023.

[2] Donia Rabie, & Essam Jamal Ghanem. (2023). A study of treated sewage and industrial wastewater for irrigating shrub forests and green spaces to raise environmental awareness through some of the Sustainable Development Goals. Journal of Environmental Studies and Researches.

[3] Libyan Standard Specifications for Drinking Water, Libyan Standard Specifications Book for the year 2015.

[4] Diaa El-Din Salem et al. (2008): Evaluation of the efficiency of the wastewater treatment plant in Najaf, Iraq. Kufa Journal of Chemical Sciences, Iraq.

[5] M. Omar Khalaf et al., 2013. Physical and chemical evaluation of treated wastewater. Al-Furat Journal of Engineering Sciences.

[6] Elifah Naasan. 2015. A study of pollutants in industrial wastewater in Aleppo.

[7] - M. Muhammad Maan Barad'i, 2018, Design Guide for Wastewater Treatment Plants, Zayed International Foundation for the Environment.

[8] - Mo'men Bin Mustafa, 2020, Wastewater and its Impact on the Environment.

[9] - World Health Organization

[10] - M. Ashraf Abdel Mohsen et al., 2015, Fundamentals of Wastewater Treatment.

[11] - Dr. Mahmoud Al-Fallah, 2002, Unpublished Methodological Notes on Environmental Engineering.

[12] - Dr. Muhammad Al-Adawi, 1988, Engineering Systems for Water Supply, Sanitation, and Wastewater, Dar Al-Rateb University Press.

[13] - M. Muhammad Al-Sayed Khalil, 2004, Sanitary Engineering: Drinking Water and Wastewater, Cairo: Dar Al-Kutub Al-Ilmiya for Publishing and Distribution.

[14]-. Farid Benyahia, Department of Chemical and Petroleum Engineering.2006. Refinery wastewater treatment: a true technological challenge.

Disclaimer/Publisher's Note: The statements, opinions, and data contained in all publications are solely those of the individual author(s) and contributor(s) and not of **JLABW** and/or the editor(s). **JLABW** and/or the editor(s) disclaim responsibility for any injury to people or property resulting from any ideas, methods, instructions, or products referred to in the content.