استخدام الحوامل البيولوجية من البولي بروبيلين لتعزيز أداء أحواض التهوية بالحمأة المنشطة

م. زهراء حسان النداف* د.م. حسين جنيدي** أ.د.م. محمود فطامة***

(الإيداع:11 آب 2022،القبول:4 أيلول 2022)

الملخص:

يهدف هذا البحث إلى دراسة إمكانية رفع كفاءة منظومة المعالجة البيولوجية في محطة معالجة مياه الصرف الصحي في مدينة حماة والتي تعمل بالحمأة المنشطة التقليدية، باستخدام الحوامل البيولوجية ذوات النمو الملتصق؛ أي العمل بنظام هجين يجمع بين عمليات النمو الملتصق والنمو المعلق. تتألف الوحدة التجريبية المصممة من حوض بيولوجي حاوي على الحمأة المنشطة (نمو معلق)، والحوامل البيولوجية الثابتة (نمو ملتصق)، وهي عبارة عن أكياس من مادة البولي بروبيلين، ومنظومة ترذيذ في الأعلى، تقوم بتوزيع المياه بشكل متجانس على الحوامل البيولوجية، وتساهم في زيادة تركيز الاوكسجين المنحل في المياه، يلي الحوض البيولوجي حوض ترسيب ثانوي. تم تشغيل الوحدة التجريبية على مرحلتين: المرحلة الأولى تم تشغيلها في محطة معالجة مياه الصرف الصحي في مدينة حماة، حيث بلغت كفاءة الإزالة الوسطية للBOD5 ، COD: 74%، 78%على التوالي، بالرغم من الظروف التشغيلية الصعبة في المحطة (الانقطاع في التيار الكهربائي، التعديات على شبكة الصرف الصحي). في المرحلة الثانية تم نقل الوحدة التجريبية إلى مركز أبحاث طلاب الدراسات العليا، التابع للمعهد العالي لبحوث البيئة، جامعة تشرين؛ لوضعها ضمن ظروف تشغيل أكثر استقراراً، حيث تم إجراء تجربتين: التجربة الأولى تمت دون وجود حوامل بيولوجية، وذلك لمعرفة كفاءة الحوامل، حيث بلغت كفاءة الإزالة الوسطية لل BOD_5، COD، النترات، الفوسفات: 84%، 5%*.38، 22.5%، 30%على التوالي. أما التجربة الثانية فتمت بوجود الحوامل البيولوجية، حيث بلغت كفاءة الإزالة الوسطية لل BOD_5، COD، النترات، الفوسفات: 92%، 45%، 28%، 31%على التوالي. بينت النتائج ان منظومة المعالجة هذه مستقرة، رخيصة الثمن، ويمكن استخدامها بكفاءة عالية فيما لو تأمنت الظروف المناسبة والمستقرة لها.

الكلمات المفتاحية: الحمأة المنشطة التقليدية، النمو الهجين، النمو المعلق، النمو الملتصق، BOD_5، COD.

*طالبة ماجستير في قسم هندسة النظم البيئية – المعهد العالي لبحوث البيئة – جامعة تشرين – سورية.

** مدرس في قسم هندسة النظم البيئية –المعهد العالي لبحوث البيئة –جامعة تشرين –سورية.

*** أستاذ في قسم الهندسة البيئية– كلية الهندسة المدنية– جامعة حماة– سورية.

Use of polypropylene biological carriers to enhance the performance of activated sludge aeration tank

Eng. Zahraa alnaddaf* **Dr. Eng. Hussien Juniedi** **

Prof. Dr. Eng. Mahmoud Fattamah***

(Received:11 August 2022,Accepted:4 September 2022)

Abstract:

This research aims to study the possibility of raising the efficiency of the biological treatment system in the wastewater treatment plant in Hama, which operates by conventional activated sludge, using biological carriers with attached growth that is, working with a hybrid system that combines the processes of attached and suspended growth. The designed experimental unit consists of a biological basin containing: activated sludge (suspended growth), and fixed biological carriers, (attached growth), which are of polypropylene bags, and sprayer system above. The aim of which is to distribute water homogeneously on the biological carriers, in addition to increasing the concentration of oxygen Dissolved in water, the biological basin follows a secondary sedimentation basin. The experimental unit operated in two stages: the first stage operated in the sewage treatment plant in Hama, where the average efficiency of BOD_5 removing was 74% and of COD was 78%. In the second stage, the experimental unit transferred to the Postgraduate Students Research Center at Tishreen University of the Higher Institute for Environmental Research, to provide more stable operating conditions. Two separate experiments conducted with the aim of knowing the efficiency of biological carriers: In the first experiment, the experimental unit operated without biological carriers, where the average efficiency of BOD5, COD, nitrate, and phosphate removing was: 84%, 38.5%, 22.5%, and 30%, respectively. In the second experiment, it operated with biological carriers, where the average efficiency of BOD5, COD, nitrate, and phosphate removing: 92%, 45%, 28%, and 31%, respectively. The results showed that this treatment system is stable and low in cost, and can used with high efficiency if appropriate and stable conditions were provided.

Key words: activated sludge, hybrid growth, suspended growth, attached growth, BOD_5, COD.

*

1. المقدمة: Introduction

* Master Student in Department of Environmental Systems Engineering, Higher Institute for Environmental Researches, Tishreen University.

** Assistant Professor in Department of Environmental Systems Engineering, Higher Institute for Environmental Researches, Tishreen University, Syria.

*** Professor in the Department of Environmental Engineering – Civil Engineering Faculty – Hama University, Syria.

على الرغم من أن مجموعة الحلول التقنية والتكنولوجية المتاحة في مرحلة التخطيط لعملية معالجة مياه الصرف الصحي كبيرة نسبيًا، إلا أن عددًا من المشاكل الغير متوقعة تظهر في مرحلة التشغيل. هناك الكثير من محطات معالجة مياه الصرف الصحي يعاني مشغلوها من الأداء الهيدروليكي المتغير (Iloms *et al.,*2020)، وزيادة تدفق حمل الملوثات (Paweska,2017)، وتركيز مرتفع / منخفض من الكتلة الحيوية المعلقة (Jianlong,2000)، وترسيب منخفض للحمأة المنشطة (Tandoi.2017). حيث تكون الأسباب معقدة، غالباً تكون الحلول الممكنة مثقلة بالحواجز التكنولوجية، وقد يؤدي التغلب على الصعوبات التشغيلية إلى تغييرات في بناء النظام التكنولوجي لمحطة معالجة مياه الصرف الصحي. بالطبع يمكن تحسين كفاءة عملية معالجة مياه الصرف الصحي بيولوجياً بشكل كبير باستخدام نظام الأغشية الثابتة المدمجة مع الحمأة المنشطة، وهو نظام يدمج بين الكتلة الحيوية المعلقة والكتلة الحيوية الملتصقة على الحوامل البيولوجية. ولكن الأهم من ذلك، يمكن استخدام هذا النظام في المرافق الحالية دون الحاجة إلى توسيع النظام (Jenkins,2003).

أثبت الباحث (Kusnierz *et al.,*2022) أنه في نظام الأغشية الثابتة المدمجة مع الحمأة المنشطة، هناك تطور كبير للكائنات الحية الدقيقة في كل من الحمأة المنشطة والألياف المستخدمة كحوامل بيولوجية، مما يدل على انخفاض الاحتياج البيوكيميائي للأوكسجين، والظروف الهوائية الجيدة للنترجة، وعمر الحمأة الطويل. كما لوحظ طوال فترة البحث وجود بكتريا آزوتية وتراكم للفوسفور في كل من الحمأة المنشطة والألياف وكانت تراكيز النيتروجين والفوسفور الكلية ضمن المواصفات القياسية المسموح بها.

كما قام الباحث (Dohdoh *et al.,*2021) بالمقارنة بين نظام بطانة الحمأة اللاهوائية ذات التدفق الصاعد مع الحمأة المنشطة (UASB–AS) (upflow anaerobic sludge blanket– activated sludge) التقليدي، ونظام بطانة الحمأة اللاهوائية ذات التدفق الصاعد مع الاغشية الثابتة المدمجة داخل حوض الحمأة المنشطة (UASB–IFAS) (upflow anaerobic sludge blanket–Integrated fixed film activated sludge) الهجين، وجد أن لكلا النظامين كفاءة عالية نسبيًا في إزالة المواد العضوية (تم تحقيقها> 95%). ومن المزايا الإضافية التي تم لحظها في النظام الهجين هي الثبوتية العالية عند تغير الأحمال العضوية والهيدروليكية.

كما قام الباحث (Irani *et al.,*2021) في دراسته بتشغيل مفاعل يحوي غشاء بيولوجي ثابت مع وبدون استخدام الأوزون لمعالجة مياه الصرف الصحي البلدية. حيث تم استخدام حوامل من مادة البولي بروبيلين كوسيط داعم للنمو، أظهرت النتائج أن عملية المعالجة بوجود الأوزون قد أدت إلى تحويل المركبات المعقدة إلى مركبات بسيطة، لذلك تعتبر عملية دمج المفاعل الحاوي على الغشاء البيولوجي الثابت مع الأوزون تقنية واعدة لإزالة COD.

قام الباحث (Naghipour *et al.,*2020) بتحديد بعض الصعوبات والتحديات المتعلقة بتشغيل مفاعل الأغشية الثابتة المدمجة مع الحمأة المنشطة، لمعالجة مياه الصرف الصحي المنزلية في المجمعات السكنية الصغيرة. حيث أظهرت نتائج الدراسة أن متوسط كفاءة إزالة الـ BOD_5 وCOD وTP وTKN وNH4–N وTSS الكوليفورم البرازية هي 70,5% , 79% , 94% , 64% , 80% ,73%, 87% على التوالي، أما النترجة ونزع النتروجين في هذا النظام فلم يتم تنفيذها بشكل صحيح، غير أن الحمل الجرثومي في مياه الصرف المعالجة كانت مقبولة، في غياب أي تطهير.

تكمن أهمية البحث في الوقوف على درجة المعالجة، لمحطة معالجة مياه الصرف الصحي في مدينة حماة، القائمة حالياً ومدى إمكانية تطويرها وتحسينها من أجل الحصول على مردود فني واقتصادي أفضل والتخفيف قدر المستطاع من الأعباء الاقتصادية والوصول إلى درجة معالجة بشكل أفضل، خصوصاً في ظل ظروف الانقطاع المتكرر للتيار الكهربائي في المحطة، والتعديات على شبكة الصرف الصحي للمدينة.

2. المشكلة البحثية:Research problem

إن محطات معالجة مياه الصرف الصحي التي تعمل بالحمأة المنشطة التقليدية (كما هو الحال في محطة معالجة مياه الصرف الصحي في حماة) تعاني من حمولات عضوية وهيدروليكية مرتفعة، حمولات سامة، تعديات متنوعة على شبكة الصرف الصحي، بالإضافة إلى الانقطاع المتكرر للتيار الكهربائي نتيجة الظروف الراهنة، كل هذه المشاكل تؤدي إلى تدني الكفاءة في منظومة المعالجة البيولوجية، وبالتالي تكون المياه المعالجة المصروفة إلى الأنهار (حالة نهر العاصي) خارج المواصفات القياسية المسموح بها. تهدف الدراسة الحالية إلى تطوير منظومة المعالجة البيولوجية التي تعمل بطريقة الحمأة المنشطة التقليدية، وذلك بوضع حوامل بيولوجية ثابتة تدعم منظومة المعالجة. وهي طريقة فعالة: من حيث الكلفة لإعادة تهيئة محطة المعالجة وزيادة قدرتها على المعالجة، والمساهمة في زيادة استقرار عملية المعالجة، بالإضافة لتعزيز إزالة المغذيات، وتحسين نوعية الحمأة.

3. مواد البحث وطرائق:Research materials and methods

1.3. منطقة الدراسة

تقع محطة المعالجة في الجهة الشمالية الغربية لمحافظة حماه على بعد/ 7/ كم عن وسط المدينة ومتوضعة على ضفاف نهر العاصي، حيث تصرف المياه المعالجة إلى نهر العاصي، تشغل المحطة مساحة إجمالية/ 80000/ متر مربع، وضعت المحطة بالخدمة بتاريخ 2005/3/6، أما كمية مياه الصرف الصحي التي تصلها فهي حوالي/ 50000/ متر مكعب في اليوم من مياه الصرف الصحي لمدينة حماه، ينتهي العمر التصميمي لمحطة معالجة مياه الصرف الصحي في مدينة حماة، عندما تصبح قيم الأحمال والتدفقات الداخلة إليها أعلى من الأحمال التي صممت من أجلها.

الشكل رقم (1) : صورة جوية لموقع محطة معالجة مياه الصرف الصحي في حماة

ونظراً لأهمية ودور المخطط التكنولوجي للمحطة في معالجة مياه الصرف، كان لابد من إعطاء فكرة سريعة عن وحدات وأقسام محطة المعالجة في حماة: منشأة محطة الضخ (البوابة الرئيسية – المصافي الخشنة –المضخات – خطي الضخ)، منشأة الدخول للمحطة (المصافي الناعمة والمرسبات الرملية)، أحواض الترسيب الأولية، أحواض التهوية، أحواض الترسيب الثانوية، محطة ضخ الحمأة الراجعة، أحواض تكثيف الحمأة، محطة ضخ الحمأة المكثفة ومياه الغسيل، منظومة التعقيم

بالكلور، المنشآت الخدمية (مبنى الإدارة والمخبر – مبنى الورش – مبنى الكلورة – مركزي التحويل الكهربائي – خزان الماء العالي – المحارس – شبكة إطفاء الحريق – شبكة الغسيل – مركز القطع وصل الكهربائي).

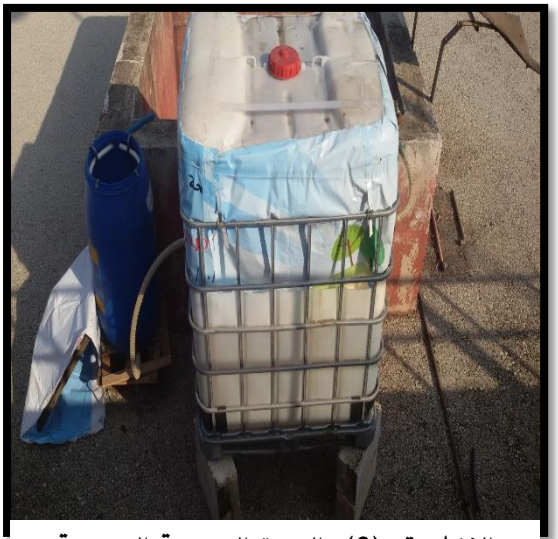
الشكل رقم(2): أقسام محطة معالجة مياه الصرف في حماة

إن الاطلاع المعمق على المخطط التكنولوجي ودراسة إشكاليات المحطة، كان السبب في اختيار موضوع البحث، والذي يهدف إلى تطوير أداء المحطة، من خلال تعزيز النظام القائم بمنظومة داعمة، لذلك كان العمل موجهاً لتصميم وحدة معالجة تجريبية، توضع في المحطة وتعمل بنفس الظروف. خلال هذا البحث تم تشغيل الوحدة التجريبية على مرحلتين:

المرحلة الأولى: تم تشغيلها في محطة معالجة مياه الصرف الصحي في مدينة حماة، كما في الشكل (3).

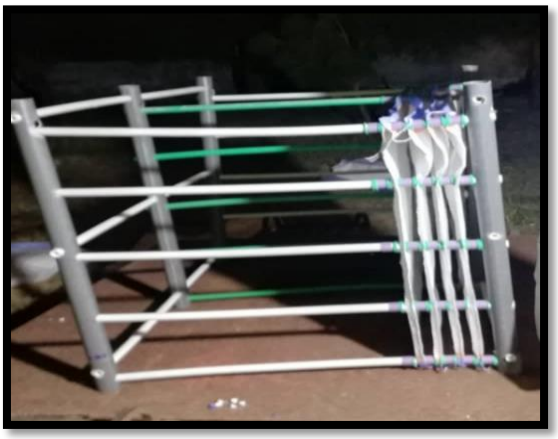
تتألف الوحدة التجريبية المصممة في المرحلة الأولى

– خزان بلاستيكي مصنوع من مادة البولي ايتيلن بأبعاد (110,90,103سم)، تم تقسيم هذا الخزان إلى قسمين، قسم سفلي بمثابة حوض تهوية بارتفاع 70سم، وقسم علوي مخصص كمنظومة للتهوية والترذيذ بارتفاع 30سم، تفصل بينهما مسافة هوائية تسمح بدخول الهواء وزيادة كفاءة الترذيذ الواصل للحوامل البيولوجية.



الشكل رقم (3): الوحدة التجريبية المصممة

– حوامل بيولوجية وهي عبارة عن أكياس من مادة البولي بروبيلين، وضعت ضمن هيكل مؤلف من 6 قساطل داعمة رئيسية مصنوعة من الPVC بقطر 2 إنش، ومن 22 قسطل جانبي مصنوع من مادة الPPR بقطر 0.5 إنش، بحيث أصبح الهيكل متماسكاً ليتمكن من احتضان الحوامل البيولوجية، وتم استخدام حوالي 24كيس، تم فصل الأكياس عن بعضها البعض مسافة 4سم، باستخدام فواصل من البلاستيك ومن أنابيب الPPR ، منعاً للانسداد نتيجة تشكل الغشاء البيولوجي على هذه الحوامل كما في الشكل (4).



الشكل رقم (4): هيكل الحوامل البيولوجية

– منظومة ترذيذ وهي عبارة عن قسطل رئيسي بقطر 1إنش زود ب 14 فتحة، كل منها تسمح بإدخال قسطل بقطر 1\2إنش، تم تثقيب كل قسطل بخمسة ثقوب بقطر 5مم، وتم تزويدها بعواكس من الصاج لزيادة فعالية الترذيذ الذي يؤدي لزيادة كفاءة التهوية، كما في الشكل(5)، تم تثبيت منظومة الترذيذ على السطح الداخلي لغطاء الخزان من خلال حلقات تثبيت إلى الخزان، يتم ضخ المياه بواسطة مضخة غاطسة إلى منظومة الترذيذ في الأعلى، ومن ثم تندفع المياه من هذه المنظومة نحو الأسفل على شكل رذاذ باتجاه الحوامل البيولوجية، إذ تلعب منظومة الترذيذ مع المضخة الغاطسة دوراً في ادخال الهواء الجوي إلى حوض التهوية، كما تساهم في استمرار اضطرابه للحيلولة دون الترسيب.

الشكل رقم (5): منظومة الترذيذ

– حوض ترسيب هو عبارة عن خزان بلاستيكي، قطره 40سم، ارتفاعه 90سم، يتم فيه فصل المياه المعالجة عن الحمأة المنشطة، كما في الشكل (6)، تم تثبيت أسطوانة مركزية أسفل الحوض، تمر من خلاله المياه القادمة من حوض المعالجة إلى حوض الترسيب، كما تم وضع صفيحة أعلى الاسطوانة لتهدئة المياه ضمن الحوض، ومنع صعود الحمأة المنشطة إلى هدار الحوض، زود الخزان في الأسفل بمضخة للحمأة العائدة التي يتم ضخها إلى بداية حوض التهوية، بينما يتم صرف الحمأة الفائضة عند الحاجة.

الشكل رقم (6): حوض الترسيب

الشكل رقم (7): الوحدة التجريبية في المرحلة الثانية

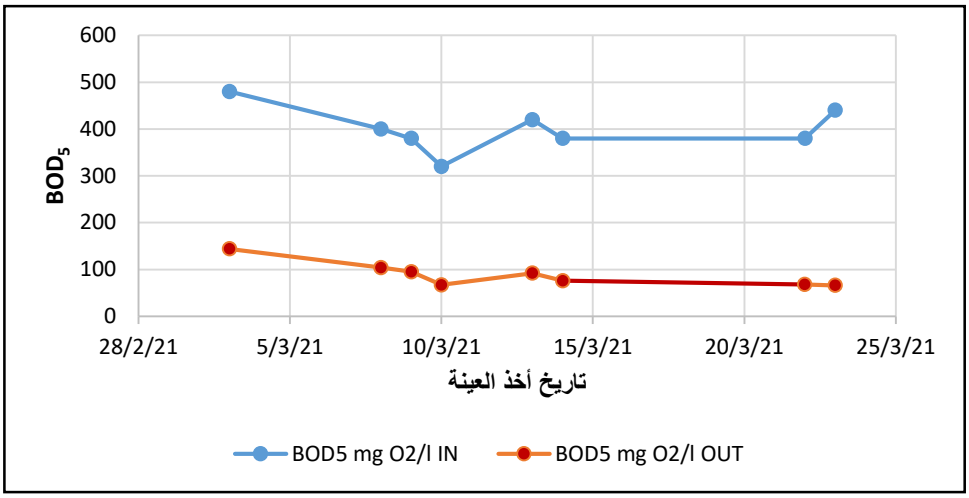
المرحلة الثانية: تم نقل وحدة المعالجة التجريبية إلى مركز أبحاث الدراسات العليا في جامعة تشرين في محافظة اللاذقية، كما في الشكل(7)، حيث خضعت وحدة المعالجة إلى برنامج عمل تشغيل هدفها بيان كفاءة معالجة الحوامل البيولوجية فيها، وإجراء بعض التعديلات على الوحدة التجريبية وتطويرها لتفادي نقاط الضعف التي واجهتها المنظومة في المرحلة الأولى، وذلك للوصول إلى درجة المعالجة المطلوبة وزيادة الكفاءة، حيث تم اجراء تجربتين بشكل منفصل على الوحدة التجريبية من خلال تشغيل الوحدة التجريبية بوجود الحوامل البيولوجية، وتشغيلها بدون حوامل بيولوجية، حيث تم اعتماد المياه الناجمة عن حوض لتربية الاسماك الموجود في مركز الابحاث كمصدر للتلوث، باعتبار اننا قد أوقفنا التعامل مع مياه الصرف الصحي بعد جائحة الكورونا.

بعض التعديلات التي خضعت لها الوحدة التجريبية في المرحلة الثانية

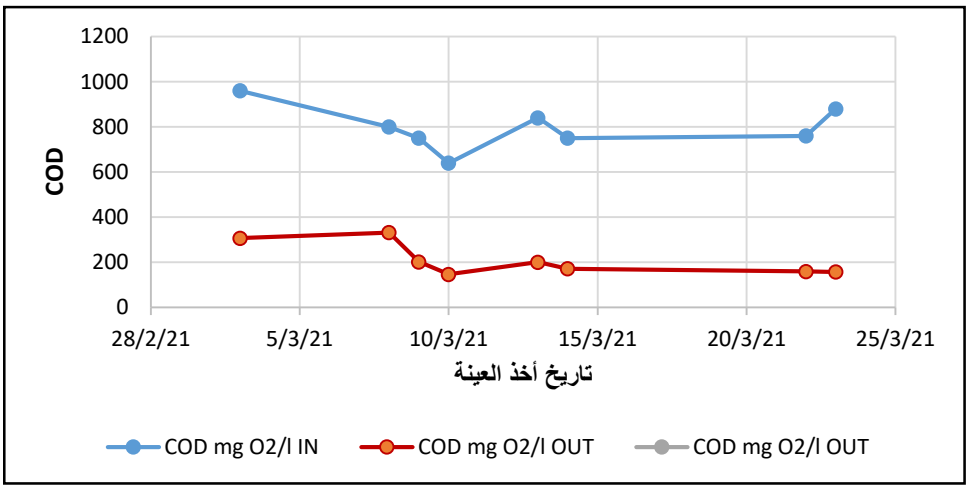
- تم وضع منطقة دخول المياه إلى وحدة المعالجة التجريبية أسفل الحوض، وذلك من أجل منع تشكل دارت قصر نتيجة الإنقطاع المتكرر للتيار الكهربائي، وبقاء المياه داخل الحوض مدة أطول قبل خروجها من الحوض.
- رفع الحوامل البيولوجية ومنظومة الترذيذ، لتأمين ظروف الخلط المثالي في حوض التهوية.
- تم إزالة الصفيحة الموجودة فوق الأسطوانة المركزية في حوض الترسيب لتترسب الحمأة بشكل كامل أسفل الحوض.
- كما وضعت مضخة حوض التهوية ضمن سطل مغلق زود بأربع فتحات، التي زودت بقساطل تساعد بسحب المياه بشكل متجانس من كامل الحوض، لتفادي حدوث نقاط ميتة داخل الحوض.

3. النتائج والمناقشة:Results and discussion

المرحلة الأولى: تم البدء بالمرحلة الأولى بتاريخ (11/2/2021)، وتم في هذه المرحلة ضبط سكر التحكم بالمياه لتزويد حوض التهوية بتدفق قدره 2 L/min لتحقيق زمن مكث هيدروليكي قدرهHRT=5hour ، قطفت عينات المدخل من الريكار، أما عينات المخرج فتم قطفها من الأنبوب الخارج من الهدار المحيطي للمرسب الثانوي، وتم اجراء تجربة الاحتياج البيوكيميائي للأوكسجين BOD_5، وتجربة الاحتياج الكيميائي للأوكسجين COD، خلال فترات زمنية مختلفة، حيث بلغت كفاءة الإزالة الوسطية لـ BOD_5، 74% ، الشكل (8)، وكفاءة الإزالة الوسطية للCOD، 78% ، الشكل (9)، حيث لوحظ تحسن في كفاءة عمل وحدة المعالجة التجريبية مع الزمن ، نتيجة ازدياد نمو الغشاء البيولوجي على الحوامل البيولوجية. كما ان تراكيز الـ BOD_5 والـ COD في المياه الداخلة لمحطة المعالجة مرتفعة، يعود سبب ذلك لوجود أحمال عضوية عالية في المياه الداخلة.

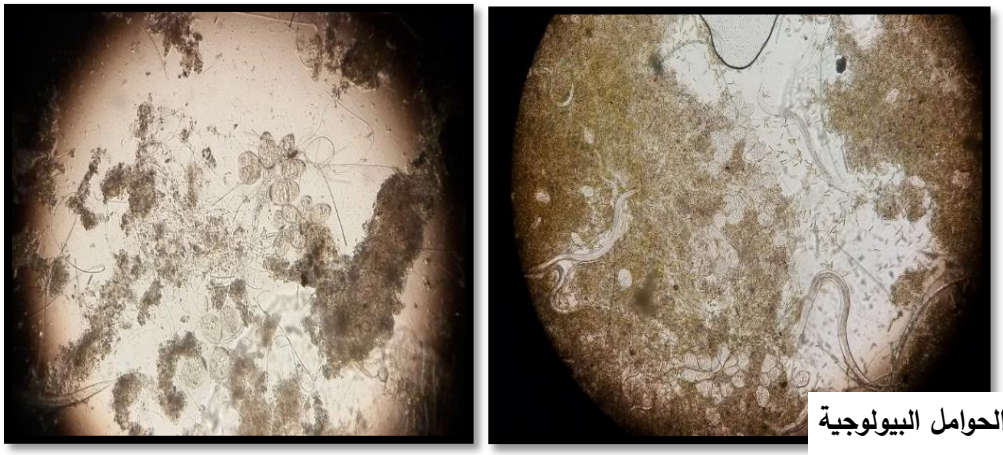


الشكل رقم (8): مخطط بياني لتغير تراكيز الـBOD_5 في المرحلة الأولى



الشكل رقم (9): مخطط بياني لتغير تراكيز الـ COD في المرحلة الأولى

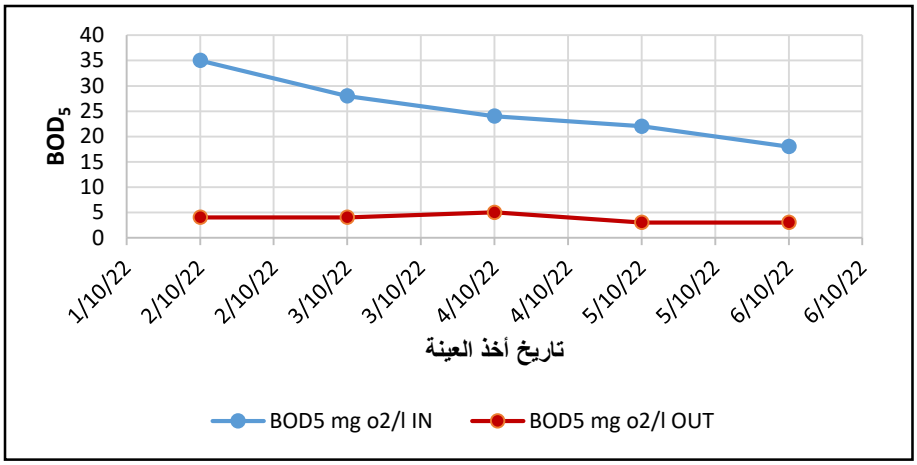
وللتعرف على طبيعة الكائنات التي نمت على الحوامل البيولوجية، تم إجراء فحص مجهري لكل من الحمأة المنشطة في حوض التهوية والحوامل البيولوجية، وذلك لمعرفة كفاءة التشغيل وطبيعة الترسيب النهائية لوحدة المعالجة التجريبية، لوحظ أن كثافة الكتلة الحيوية والتنوع البيولوجي على الحوامل البيولوجية، كما في الشكل (10)، هي أعلى بكثير من كثافتها وتنوعها ضمن حوض التهوية.



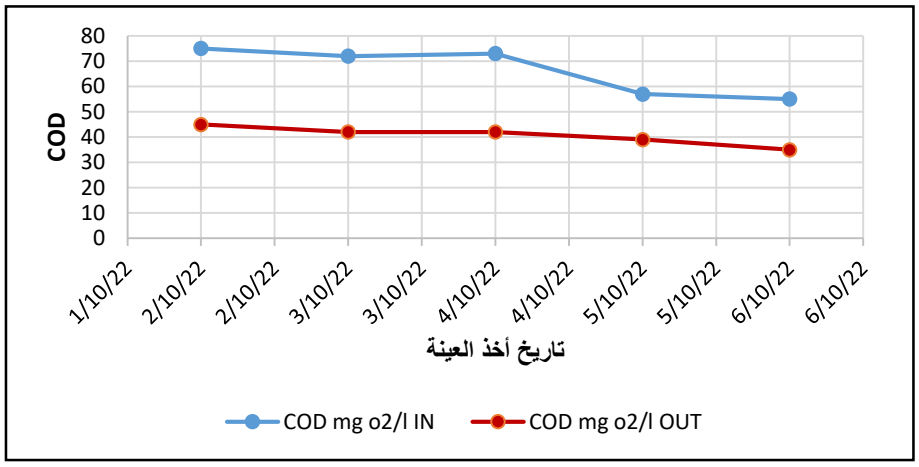
الشكل رقم (10): الكثافة والتنوع البيولوجي على الحوامل البيولوجية

المرحلة الثانية

التجربة الأولى: بُدء العمل في التجربة الأولى بتاريخ **(12/9/2021-15/10/2021)**. وتم تشغيل الوحدة التجريبية دون الحوامل البيولوجية حوالي الشهر تقريباً، تم خلالها قطف العينات من مخرج دريناج حوض السمك ومن مخرج حوض الترسيب الثانوي، وتم اجراء تجربة الاحتياج البيوكيميائي للأوكسجين BOD_5 ، الاحتياج الكيميائي للأوكسجين COD، شاردة النترات $NO3^-$، شاردة الفوسفات $PO4^{-3}$، خلال فترات زمنية مختلفة، بلغت كفاءة الإزالة الوسطية لـ BOD_5، 84%، الشكل (11)، وبلغت كفاءة الإزالة الوسطية لـCOD ، 38.5%، الشكل (12).



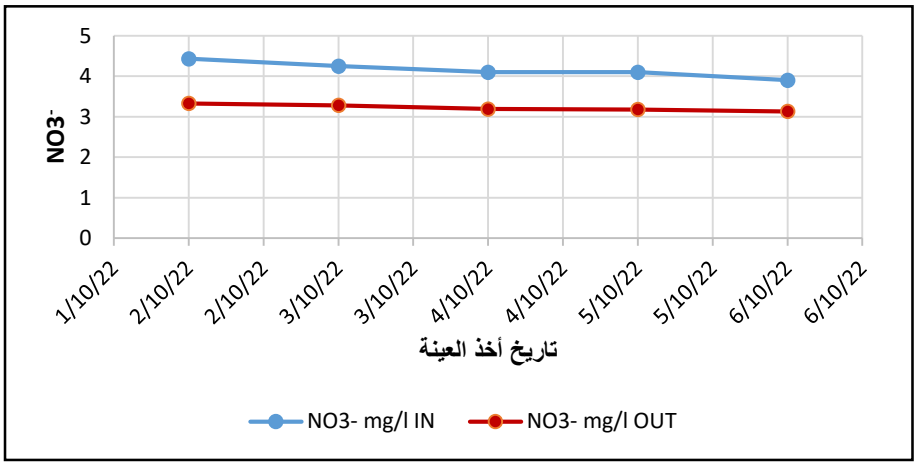
الشكل رقم (11): مخطط بياني لتغير تراكيز الـBOD_5 في التجربة الأولى



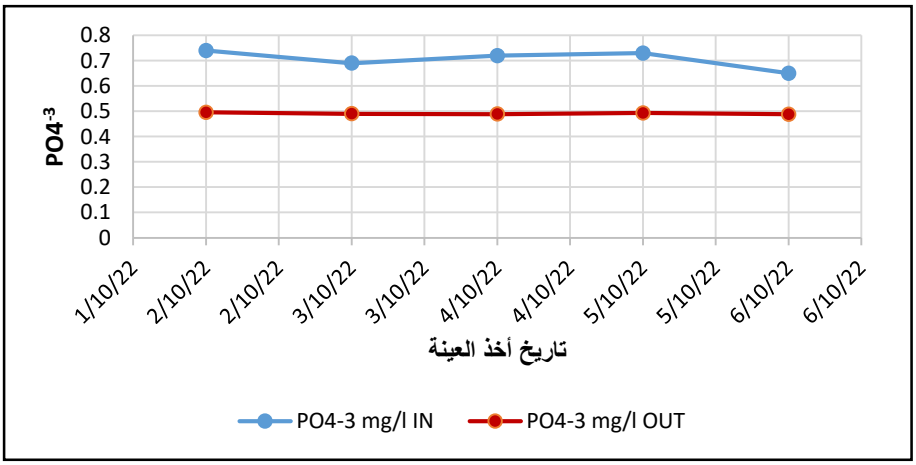
الشكل رقم (12): مخطط بياني لتغير تراكيز الـ COD في التجربة الأولى

من النتائج السابقة تم ملاحظة أن قيم الـ BOD_5، والـCOD ، في عينات المدخل منخفضة بالمقارنة مع مياه الصرف الصحي في مدخل محطات المعالجة، يعود سبب ذلك إلى ان المياه المستخدمة في المعالجة هي مياه ناجمة عن حوض تربية أسماك، وهي مياه يكون فيها الحمل العضوي القابل للتحلل بمساعدة البكتريا منخفض، يقابله حمل عضوي كبير نسبياً غير قابل للتحلل بواسطة البكتريا.

أما شاردة النترات فقد بلغت كفاءة الإزالة الوسطية لها، 22.5%، الشكل (13). وكفاءة الإزالة الوسطية لشاردة الفوسفات، 30%، الشكل (14). إن عملية التخلص من الآزوت والفوسفور أو التقليل من تراكيزه، ستحد من ظاهرة الاثراء الغذائي في البيئة النهرية، وأيضاً ستحول دون تلوث المياه الجوفية بالنترات في حال استخدام تلك المياه لأغراض الري.



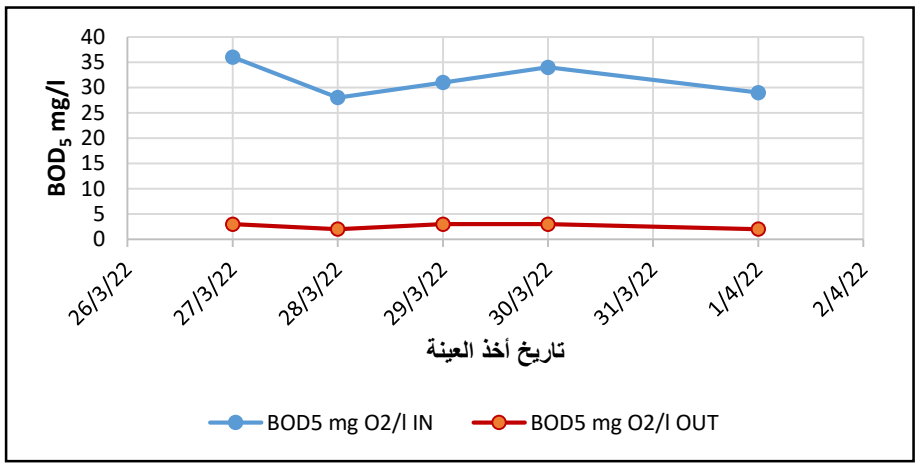
الشكل رقم (13): مخطط بياني لتغير تراكيز شاردة النترات في التجربة الاولى



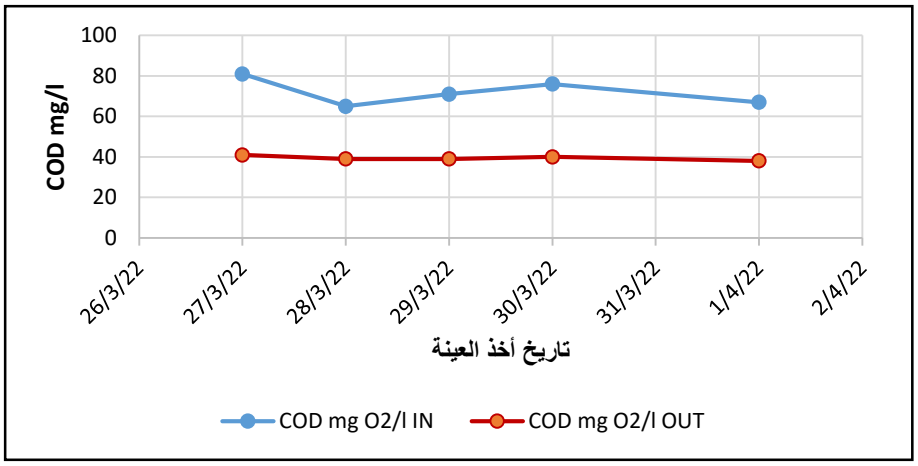
الشكل رقم(14): مخطط بياني لتغير تراكيز شاردة الفوسفات في التجربة الأولى

إن كفاءة المعالجة في إزالة كل من الازوت والفوسفور تتوافق مع الكفاءة القياسية التي تنتج عن المعالجة الثانوية.

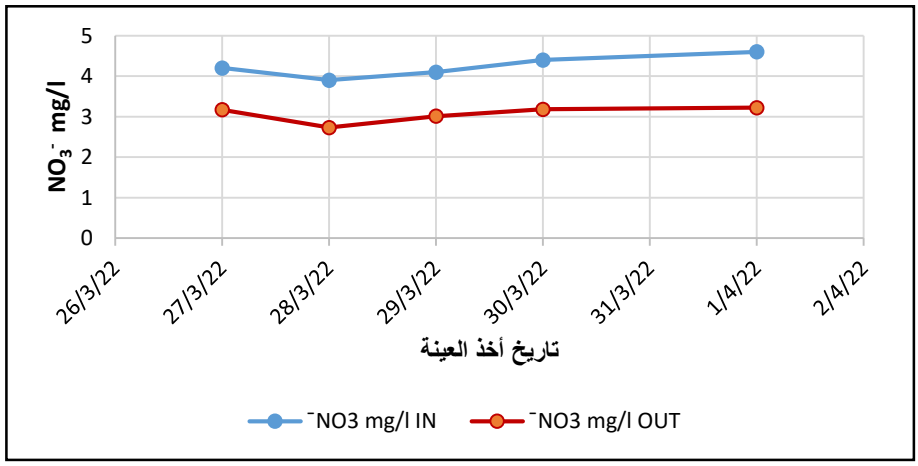
التجربة الثانية: بُدأ العمل بهذه التجربة من تاريخ (15/4/2022–13/3/2022)، والتي تم فيها تزويد منظومة المعالجة بالحوامل البيولوجية، تم قطف العينات من مخرج دريناج حوض السمك، ومن مخرج حوض الترسيب الثانوي. وقمنا بقياس تراكيز المتغيرات التالية: BOD_5، COD، $NO3^-$، $PO4^{-3}$. حيث بلغت كفاءة الإزالة الوسطية لل BOD_5 92%، الشكل (15)، وبلغت كفاءة الإزالة الوسطية للCOD 45%، الشكل (16)، وبلغت كفاءة الإزالة الوسطية لشاردة النترات 28%، الشكل (17)، وبلغت كفاءة الإزالة لشاردة الفوسفات 31%، الشكل (18).



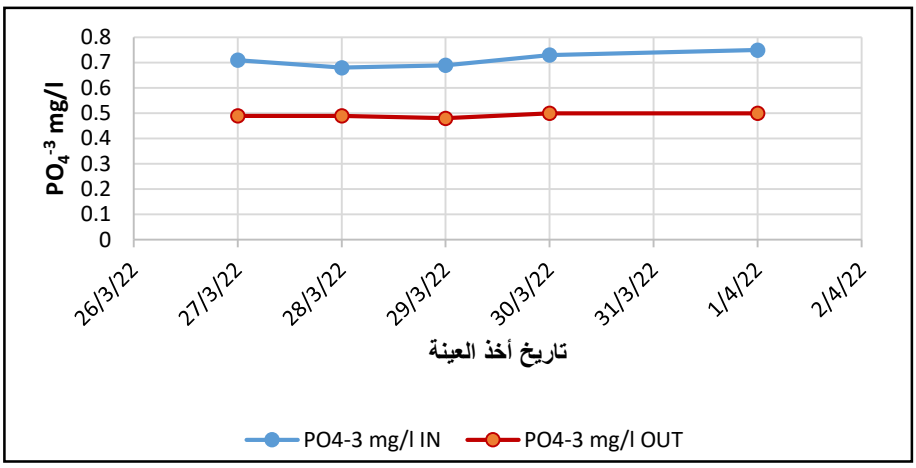
الشكل رقم (15): مخطط بياني لتغير تراكيز الـ BOD_5 في التجربة الثانية



الشكل رقم (16): مخطط بياني لتغير تراكيز الـCOD في التجربة الثانية



الشكل رقم (17): مخطط بياني لتغير تراكيز شاردة النترات في التجربة الثانية



الشكل رقم (18): مخطط بياني لتغير تراكيز شاردة الفوسفات في التجربة الثانية

4. نتائج البحث والمقترحات:Search results and suggestions

1- عند تشغيل وحدة المعالجة التجريبية في حماة (المرحلة الأولى)، لوحظ تراجع في قيم كفاءة المعالجة عن القيم المطلوبة وفق المواصفة القياسية؛ وذلك بسبب الظروف التجريبية التي تعرضت لها المنظومة إضافة إلى بعض نقاط الضعف التصميمية.

2- إن نقل الوحدة التجريبية إلى مركز أبحاث الدراسات العليا بجامعة تشرين التابع للمعهد العالي لبحوث البيئة (المرحلة الثانية)، وذلك للعمل على تلافي نقاط الضعف، التي واجهناها في محطة حماة، إلا أن منظومة المعالجة لم تعمل ضمن ظروف حمولات التلوث الموجودة عادة في محطات المعالجة، لذلك يصعب الوصول إلى الكفاءة العليا المتوقعة منها.

3- إن إضافة الحوامل البيولوجية، في محطات المعالجة التي تعمل بالحمأة المنشطة التقليدية، يدعم منظومة المعالجة، خصوصاً عند تعرض مثل هذه المحطات لحمولات عضوية وهيدروليكية عالية، بالإضافة لانقطاع التيار الكهربائي، وتوقف المحطة عن العمل لساعات طويلة، في ظل الظروف الراهنة.

4- في النهاية تم التوصل إلى منظومة معالجة مستقرة، رخيصة الثمن، وقليلة الكلفة، يمكن أن نستخدمها بكفاءة عالية فيما لو تأمنت الظروف المناسبة والمستقرة لها.

5. التوصيات:Recommendations

إجراء أبحاث لاحقة، تستخدم أنواعاً أخرى من الحوامل البيولوجية، بحيث يمكن استخدامها في تطوير أداء محطة المعالجة.

6-References:

1-Dohdoh, A. M., Hendy, I., Zelenakova, M., & Abdo, A. (2021). Domestic wastewater treatment: A comparison between an integrated hybrid UASB-IFAS system and a conventional UASB-AS system. *Sustainability*, *13*(4), 1853

2-Irani, R., Khoshfetrat, A. B., & Forouzesh, M. (2021). Real municipal wastewater treatment using simultaneous pre and post-ozonation combined biological attached growth reactor: Energy consumption assessment. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, *9*(1), 104595.

3-Jianlong, W.; Hanchang, S.; Yi, Q. Wastewater Treatment in a Hybrid Biological Reactor (HBR): Effect of Organic Loading Rates. Process Biochem. **2000**, 36, 297–303

4-Jenkins, D.; Richard, M.G.; Daigger, G.T. Manual on the Causes and Control of Activated Sludge Bulking, Foaming, and Other Solids Separation Problems; CRC Press: Boca Raton, FL, USA; Taylor & Francis: Abingdon, UK, 2003.

5-Kuśnierz, M., Domańska, M., Hamal, K., & Pera, A. (2022). Application of Integrated Fixed-Film Activated Sludge in a Conventional Wastewater Treatment Plant. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *19*(10), 5985.

6-Iloms, E.; Ololade, O.O.; Ogola, H.J.; Selvarajan, R. Investigating Industrial Effluent Impact on Municipal Wastewater Treatment Plant in Vaal, South Africa. Int. J. Environ. Res. **2020**, 17, 1096.

7-Naghipour, D., Rouhbakhsh, E., & Jaafari, J. (2020). Application of the biological reactor with fixed media (IFAS) for removal of organic matter and nutrients in small communities. *International Journal of Environmental Analytical Chemistry*, 1-11.

8-Paweska, K.; Bawiec, A. Activated Sludge Technology Combined with Hydroponic Lagoon as a Technology Suitable for Treatment ofWastewater Delivered by Slurry Tanks. J. Ecol. Eng. **2017**, 18, 29–37.

9-Tandoi, V.; Rossetti, S.; Wanner, J. Activated Sludge Separation Problems: Theory, Control Measures, Practical Experiences; IWA Publishing: London, UK, 2017.