دراسة تجريبية لتحسين أداء الأقراص البيولوجية الدوارة لمعالجة مياه الصرف الصحي

د.م. يوسف سمير ديب* م.محمد منذر الأحمد**

(الإيداع: 15 تموز 2024، القبول: 1 آيلول 2024)

الملخص:

إحدى عمليات معالجة مياه الصرف الصحي هي طريقة الأقراص البيولوجية الدوارة، والتي تعرف أيضًا باسم Rotating Biological Contactor وباختصار RBC توفر كفاءة عالية لإزالة المواد العضوية بتكلفة منخفضة. بساطة العملية تجعلها مرغوبة للغاية، بالإضافة إلى ذلك، فإن تكلفة التأسيس مقبولة وتحتاج إلى مساحة أرض صغيرة للعمل.

في هذه الدراسة تم تحديد العوامل المؤثرة على أداء المعالجة بالأقراص البيولوجية الدوارة، تم مناقشة أداء RBC، أكد العمل التجريبي أن زمن المكوث، المواد المستخدمة في تلبيس الأقراص، وسرعة الدوران لها تأثير كبير على معدلات الإزالة والأداء، كانت سرعة الدوران المستخدمة (3, 5, 7 rpm)، وكانت أفضل سرعة 5 rpm حيث وصلت كفاءة الإزالة لكلٍ من COD , BOD_5 , TSS إلى 83.10% , 88.83% , 88.49% على الترتيب، وقد تنوعت الوسائط المستخدمة في المعالجة: أقراص دون مادة تغليف، وأقراص مغلفة بصفائح البولي ايتلين، وأقراص مغلفة بقماش الفرو، فأظهرت مادة التغليف الفرو أعلى كفاءات إزالة، حيث وصلت كفاءة الإزالة لكلٍّ من COD ، BOD_5 ، TSS إلى 54.53% ، 57.10% ، 46.10% على الترتيب، حيث أنها تتمتع بأعلى مساحة سطحية، مما سمح بنمو المزيد من الكائنات الحية الدقيقة، وبالتالي زيادة كفاءة إزالة كلٍ من COD و BOD_5 و TSS.

الكلمات المفتاحية: الأقراص البيولوجية الدوارة، COD ، BOD_5 ، TSS ، سرعة الدوران، مادة التغليف للأقراص، زمن المكوث الهيدروليكي.

* دكتور مهندس– قسم هندسة التصميم والإنتاج – كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية – جامعة تشرين

**مهندس – قسم هندسة الآلات الزراعية– كلية الهندسة الميكانيكية – جامعة حلب

An Experimental Study to Improve The Performance of Rotating Biological Contactors for Wastewater Treatment

* Yousef Samir Deeb Dr. Muhammad munzer Al-Ahmad.**

(Received: 15 July 2024,Accepted: 1 September 2024)

Abstract:

One of the wastewater treatment processes is Rotating Biological Contactors. Which also known as RBC and provides acceptable organic removal efficiency at a low cost. The simplicity of operation makes it very attractive. In addition, the operation cost is always low and it does need a small land to operate.

In this review factors affecting the RBC performance discussed. In addition to an experimental works to verify the effect of different factor affecting the RBC system performance and removal efficiency. The experimental work confirmed that the HRT, media material and speed of rotation have a great influence on the removal rates and performance. Rotation speed used was 3, 5 and 7 rpm, while the best speed was 5 rpm. Media materials varied between: discs without coating material, discs coated with low-density polyethylene sheets, and discs coated with furring fabric. discs coated with furring fabric showed the highest removal rates as it had the highest surface area, which allowed more microorganisms to grow, and thus, the removal efficiency of COD, BOD_5 and TSS were increased.

Keywords: Rotating Biological Contactors, COD, BOD_5, TSS, Rotation Speed, Tablet Coating Material, Hydraulic Retention Time.

* Doctor of Engineer – Department of Design and Production Engineering – Faculty of Mechanical and Electrical Engineering – Tishreen University .

**Engineer – Department of Agricultural Machinery Engineering – Faculty of Mechanical Engineering – University of Aleppo.

المقدمة:

أدى التطور الذي شهدته معظم دول العالم، إضافة لزيادة عدد السكان وارتفاع مستوى المعيشة، إلى ارتفاع ملحوظ في الطلب على المياه، حيث بات النقص في موارد المياه العذبة مشكلة تشغل بال المختصين وصناع القرار، كونها تؤثر على العجز المائي ولاسيما في توفير مياه صالحة لإعادة الاستخدام، مما دعا إلى البحث عن حلول أخرى ممكنة، ورغم أن بعض الدول لا تعاني من هذه المشكلة بسبب تنوع مصادر المياه التقليدية فيها، ووجود هذه المياه بكميات تفي بالطلب، إلا أن توزع المياه الصالحة للاستعمال على سطح الكرة الأرضية ليس متساوٍ، الأمر الذي أدى إلى التفكير في تنويع مصادر المياه واستغلال أكبر كمية ممكنة منها بشتى الطرق لتلافي الفجوة ما بين الكميات المتوفرة من المياه والطلب الفعلي عليها، وتعد إعادة استعمال مياه الصرف الصحي المعالجة من طرق استغلال المياه التي تلاقي قبولاً ملحوظاً في الآونة الأخيرة، . ويساهم استعمال مياه الصرف الصحي المعالجة في الزراعة أو أي استعمالات أخرى، إلى توفير في المياه العذبة والتوسع في المساحات الزراعية لإنتاج محاصيل متنوعة وبسعر أقل، والتقليل من تكاليف الحصول على المياه في الزراعة من مصادر تقليدية كالمياه الجوفية وغيرها، كما يؤدي أيضاً إلى التقليل من التكاليف المتعلقة بإنتاج واستيراد واستعمال الأسمدة بسبب وجود العناصر الضرورية للنبات في تلك المياه.

أهمية البحث وأهدافه

تأتي أهمية البحث في سوريا من خلال معطيات الواقع الحالي، والتي تتمثل في نقص مصادر المياه، مما دفع بالمزارعين إلى استخدام مياه الصرف الصحي في ري المزروعات بشكلٍ مباشر، والتي تتم عادة في ضواحي المدن، وبالتالي أصبحت مياه الصرف الصحي تشكل مشكلة كبيرة، لذلك كان لابد من البحث عن وسيلة لمعالجة مياه الصرف الصحي لتحقيق كفاءة عالية لإزالة الملوثات وتحسين جودة مياه الصرف الصحي، مع تقليل الأضرار الناتجة عنها من تلوث التربة والذي ينعكس سلباً على النباتات والحيوانات وصحة الإنسان، والحصول على مياه ذات جودة عالية وتحقيقها للمواصفة السورية لري المزروعات.

تم في هذا البحث دراسة لمعالجة مياه الصرف الصحي بطريقة الأقراص البيولوجية الدوارة RBC، وتحديد تأثير بعض المؤشرات التشغيلية على كفاءة المعالجة لمياه الصرف الصحي، إن هدف المعالجة بطريقة الأقراص البيولوجية الدوارة هو إنقاص الحمل العضوي لمياه الصرف الصحي بشكلٍ اقتصادي للاستفادة منها لأغراض الري، كما أن الحمأة الناتجة يمكن استخدامها في تحسين خواص التربة.

تكمن أهمية المعالجة الهوائية بالأقراص البيولوجية الدوارة RBC:

1. زيادة كفاءة المعالجة وتخفيض أزمنة المكوث الهيدروليكي للمعالجة.
2. تخفيض الكلفة التأسيسية للمعالجة كونها تحتاج إلى مساحات صغيرة.

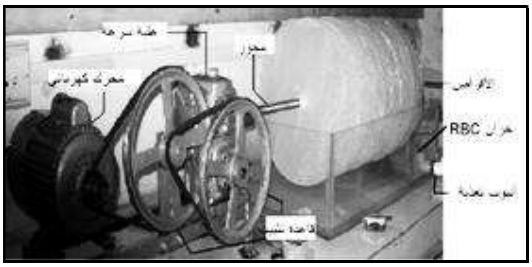
يهدف البحث إلى دراسة فعالية المعالجة بالأقراص البيولوجية الدوارة RBC لمياه الصرف الصحي، وذلك ضمن حوض مصنوع محلياً حيث يحتوي على عدد من الأقراص البلاستيكية المصنعة محلياً، ومحور حامل للأقراص ومحرك وعلبة سرعة ومنظم للتحكم بعدد الدورات، حيث تمت دراسة كفاءة إزالة الـ COD، BOD_5، المواد الصلبة العالقة TSS، خلال أزمنة المكوث الهيدروليكية مختلفة h(12,24,36,48,60,72) ، وبدراسة العوامل التالية:

1. دراسة تأثير السطح النوعي للأقراص على كفاءة المعالجة.
2. دراسة تأثير سرعة دوران الأقراص على كفاءة المعالجة.
3. دراسة تأثير زمن المكوث على كفاءة المعالجة.

الدراسات المرجعية

قام [1] في **2008** بتصنيع حوض مخبري للأقراص البيولوجية الدوارة RBC ثلاثي المراحل من ألواح أكريليك بسمك $8\ mm$، حيث تتكون كل مرحلة من 16 قرصاً، بقطر $32cm$ وتباعد الأقراص $8\ mm$، كانت مساحة السطح الإجمالية للأقراص $8.57m^2$، ونسبة الغمر للأقراص 33% ، وكان حجم المفاعل ٦٥.٦ ℓ ، عند سرعة دوران للأقراص $4\ rpm$، بلغت كفاءة الإزالة لـ COD 80% و83% عند أزمنة مكوث 16h و24h على التوالي، وتم إزالة ٩٢% من إجمالي COD عند زيادة زمن مكوث لمياه الصرف HRT إلى 36h، كما تم تحقيق كفاءة إزالة لـCOD بنسبة 96%، مع زيادة مساحة سطح الأقراص حيث سمحت بنمو المزيد من الكائنات الحية الدقيقة، [1].

أجرى [2] في عام **2011** تصميم نظام معالجة بالأقراص البيولوجية الدوارة لمعالجة مياه الصرف الرمادية مؤلف من مرحلة واحدة من الأقراص على مستوى مخبري، يتألف النظام من محرك كهربائي وعلبة سرعة لتخفيض عدد دورات المحرك الكهربائي كما في الشكل **رقم (1)**.



الشكل رقم (1): نموذج الأقراص البيولوجية الدوارة للباحث [2]

تم تشغيل النظام على معدل دورات $1.7\ rpm$ وكانت نسبة غمر الأقراص البيولوجية في الحوض 40%، تم أخذ عينات من المياه المعالجة على أزمنة مكوث مختلفة وذلك لقياس كلٍ من: pH، TDS ، BOD_5 ، COD ، TSS ، وكانت كفاءة إزالة كلٍ من BOD_5 ٥٣% و COD ٦٠% عند زمن مكوث 1.5h، ولوحظت تغيرات طفيفة في كفاءة إزالة المواد الصلبة المعلقة TSS واعتبر الباحث أن الأقراص البيولوجية الدوارة أكثر تقنيات المعالجة فعالية في تخفيض كلٍ من COD و BOD_5، [2].

درس [3] عام **2012** معالجة مياه الصرف الصحي باستخدام RBC كل مرحلة مؤلفة من 4 أقراص عمودية على محور الدوران، كل مرحلة أبعادها $300 \times 100 \times 10$ mm ، كان حجم الحوض 30ℓ ، تم تحسين مساحة سطح الأقراص عن طريق إضافة صفائح البلاستيك على سطح الأقراص، جمعت عينات المياه الرمادية يومياً من مجمع المباني السكنية لإجراء التجربة، أجريت التجارب على تراكيز مختلفة لـ COD (٢٤٨، ٢٩٤، ٣٤٧، ٣٩٥، ٤٨٠ mg/ℓ) وسرعات دوران (rpm 3 ، 4.5 ، 6)، ذكر الباحثان أنه كانت كفاءة إزالة COD ٩٥.٧% عند سرعة دوران $3rpm$ وبلغت ٩٥.٠٤%عند السرعة $4.5rpm$ وكما بلغت ٩٤.٩٦% عند $6rpm$ على التوالي، توصل الباحثان أن أفضل كفاءة إزالة لـ COD كانت عند السرعة $3rpm$ في نظام RBC، كما أكد الباحثان إمكانية استخدام المياه الناتجة عن المعالجة بالأقراص البيولوجية الدوارة للري في الحدائق دون أي مخاطر، [3].

أجرى [4] في عام **2013** دراسة لمعالجة مياه الصرف بواسطة الأقراص البيولوجية الدوارة، وقام بقياس كلٍ من pH ، TSS ، BOD_5 ، COD، وكان حوض المعالجة المستخدم مؤلف من ثلاث مراحل من الأقراص البيولوجية الدوارة ذات

سماكة 5mm المصنوعة من البلاستيك الأكريليكي[1]، حجم الحوض 17ℓ و 12ℓ ، وكان مقطع الحوض نصف دائري وبقطر 30cm وطول كل مرحلة 60cm، وكل مرحلة تتضمن 12 قرصاً بأقطار (20, 22, 24 cm)، وكان تباعد الأقراص 50mm، وتم تثبيت الأقراص على محور بلاستيكي يدور بواسطة محرك كهربائي، كانت سرعة دوران الأقراص (6, 8, 10 *rpm*)، ونسبة غمر الأقراص 42% خلال جميع التجارب، تم إدخال مياه صرف بتراكيز مختلفة من COD و BOD_5 ، لوحظ من الدراسة أنه بلغت كفاءة إزالة BOD_5 96% ، وكفاءة إزالة COD 80% وكفاءة إزالة TSS 79%، عند سرعة دوران 8*rpm* [4].

درس [5] في عام **2017** نموذج للأقراص البيولوجية الدوارة والمعاملات التي تؤثر على أداء النموذج مثل: زمن المكوث الهيدروليكي، سرعة الدوران، خصائص مياه الصرف المؤثرة في تشكيل طبقة الأغشية الحيوية، درجات الحرارة، ومعدلات تحميل عضوية وهيدروليكية مختلفة، حيث استخدم 10 مجموعات من الأقراص، مع تقسيم الوحدة إلى مرحلتين متطابقتين، تم تثبيت الأقراص الدوارة بشكلٍ عمودي على المحور الحامل للأقراص والذي يدور ببطء ضمن الحوض، تم تغذية الأحواض بمياه صرف من مواقع مختلفة عند درجات حرارة ما بين (12→24℃)، وكانت مادة الأقراص من الصفائح البلاستيكية (الأكريليك) ذات سمك 2mm وبقطر 150mm ومتباعدة بمسافات تفصل فيما بينها 90mm، وقام بترتيب الأقراص بالتوازي مع بعضها البعض، وكانت الأقراص مغمورة بنسبة 40% من كامل مساحتها، كما قام بزيادة خشونة سطح الأقراص الأكريليكية لتوفير فرصة لالتصاق الكائنات الدقيقة، تم ربط المحور الحامل للأقراص مع محرك كهربائي مزود بمنظم للتحكم في عدد دورات المحرك الكهربائي، كما درس الباحث عملية المعالجة باستخدام أزمنة مكوث هيدروليكية مختلفة (8،12،16،24،28،36 h)، وسرعات دوران مختلفة (2،3،5،7،10 *rpm*)، وخلصت النتائج إلى أن أفضل كفاءة إزالة لل COD وBOD_5 كانت عند زمن مكوث هيدروليكي 24h وعدد دورات *2rpm*، [5].

درس [6] عام 2022 العوامل التي تؤثر على أداء RBC، أكد العمل التجريبي أن زمن المكوث الهيدروليكي، مواد التغليف، وسرعة الدوران لها تأثير كبير على كفاءات الإزالة والأداء. كانت سرعة الدوران المستخدمة هي (5, 8, 10 rpm)، وتنوعت مواد التغليف من البولي بروبيلين وأوراق الموز وقش قصب السكر، لوحظ أن مادة التغليف البولي بروبيلين سمحت بنمو المزيد من الكائنات الحية الدقيقة بسبب المساحة السطحية الكبيرة ، وبالتالي زيادة كفاءة إزالة COD وBOD وTSS كانت أبعاد المرحلة (25 cm × 30 × 35)، واستنتج أن سرعة الدوران هي أحد العوامل الرئيسية التي لها تأثيراً كبيراً على معدلات الإزالة لكلٍ من COD وBOD وTSS وكانت السرعة الأفضل هي 5rpm، كما بلغت كفاءة الإزالة باستخدام التغليف البولي بروبيلين حوالي 86.9% و94.4% و82.14% عند 5rpm وزمن مكوث هيدروليكي 72h لل BOD وCOD وTSS على التوالي، [6].

في دراسة للباحث [7] 2023 لمعالجة مياه الصرف الصحي بواسطة الأقراص البيولوجية الدوارة كوحدة معالجة بيولوجية، تم تصميم وتطوير الجهاز المخبري من قبل الباحث لتخفيض الأحمال العضوية لمياه الصرف الصحي، كان قطر القرص المستخدم 260 mm ومساحة القرص الواحد 0.1062 m^2 وعدد الأقراص 16 قرص، وسماكة القرص الواحد 4 mm، وطول المحور الحامل للأقراص 600 mm، كانت المسافة بين الأقراص 30 mm، حيث تم تصميم مرحلتين من الأقراص البيولوجية الدوارة، تم وضع المحور الحامل للأقراص في حوض المعالجة، ثم رُبط مع المحرك الكهربائي لتدوير الأقراص، كانت نسبة غمر الأقراص 45%، لوحظ نمو الأغشية الحيوية على سطح الأقراص وتشكل طبقة رقيقة على سطحها واستمرت عملية النمو 25 يوماً، كانت سرعة الدوران للتجارب 6 rpm وكانت أزمنة المكوث الهيدروليكية (4, 8,

[1] الاسم الكيميائي هو polymethyl methacrylate: مادة بوليمر بلاستيكية مهمة تم تطويرها مسبقًا، تتمتع بشفافية جيدة واستقرار كيميائي ومقاومة للظروف الجوية ومظهر جميل.

24, 48 h)، وأظهر نظام RBC نتائج جيدة، تم تخفيض BOD لمياه الصرف عند زمن مكوث 48h إلى 85mg/ℓ من BOD الإجمالي البالغ 995mg/ℓ وCOD من 1220 mg/ℓ إلى 130 mg/ℓ، بلغت كفاءة إزالة BOD التي حققها نظام RBC 91.5% وكفاءة إزالة COD 89.3%، كما تم ملاحظة زيادة تركيز الأوكسجين في مياه الصرف (35→98%) مع زيادة في سرعة الدوران من 16 rpm إلى 40 rpm، [7] .

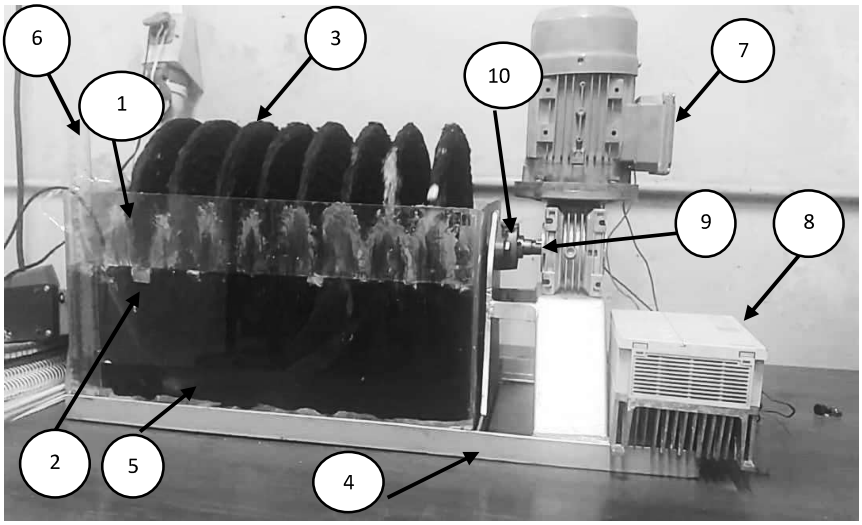
مواد وطرائق البحث

بدايةً تم تحديد مواصفات تصميم نظام الRBC بناءً على الدراسات المرجعية السابقة، ويبين الجدول رقم مواصفات حوض المعالجة بالأقراص البيولوجية الدوارة.

الجدول رقم (1): مواصفات حوض المعالجة بالأقراص البيولوجية الدوارة (إعداد الباحث)

الوصف	الواحدة	القيمة
حجم الماء في الحوض	ℓ	25
عدد الأقراص	قرص	8
قطر القرص الواحد	cm	28
نسبة غمر الأقراص	%	42
التباعد بين الأقراص على المحور الأفقي	cm	5
عدد دورات المحور الحامل للأقراص في مرحلة الإقلاع	r.p.m	5
زمن المكوث الكلي	h	72
أبعاد الحوض المستخدم	cm	50 × 30 × 25
طول المحور الحامل للأقراص	cm	60
سماكة القرص	mm	3
مساحة سطح الأقراص الكلية	cm^2	9847.04
نسبة مساحة سطح الأقراص إلى حجم مياه الصرف	$cm^2/ℓ$	393.88
المحرك المستخدم	–	محرك ثلاثي الاطوار

تم تصميم وتصنيع أجزاء هذا النظام، ويظهر أجزاء نظام المعالجة البيولوجية بالأقراص المجهز والمجمع من قبل الباحث.



الشكل رقم (2) :نظام المعالجة بالأقراص البيولوجية الدوارة المستخدم في البحث (إعداد الباحث)

① حوض المعالجة ② مياه الصرف الصحي ③ الأقراص البيولوجية الدوارة ④ قاعدة تثبيت لنظام المعالجة ⑤ السخان الكهربائي ⑥ المسطرة المدرجة ⑦ المحرك الكهربائي ⑧ منظم عدد الدورات ⑨ المحور ⑩ مدرجات (بيليا).

جمع العينات:

تم جمع عينات مياه الصرف الصحي من منطقة سكنية في مدينة حلب، وهي ناتجة عن الاستعمالات العامة السكانية.

مرحلة إقلاع النظام:

أُخذت عينات المياه ونُقلت إلى المخبر خلال 5 دقائق، وتم تحليلها قبل معالجتها، ثم البدء بإقلاع المفاعل. تم تشغيل النظام على معدل دورات 5rpm وذلك عن طريق (inverter) يتحكم بعدد الدورات، وكانت نسبة غمر الأقراص البيولوجية في الحوض بنسبة 42%، تم قياسها باستخدام مسطرة مدرجة وقد استغرقت عملية التنمية 23 يوماً.

تم أخذ عينات من المياه على أوقات مكوث مختلفة وتحليلها للتأكد من نمو الأغشية الحيوية على سطح الأقراص، وذلك بقياس كلٍ من COD و BOD_5.

النتائج والمناقشة

أجريت الدراسة للحصول على زمن المكوث الأمثل وتحديد أفضل مادة لتغليف الأقراص وأفضل سرعة دوران، لمعالجة مياه الصرف الصحي بواسطة الأقراص البيولوجية الدوارة، وتحقيق أعلى معدلات إزالة للملوثات الموجودة في مياه الصرف، تم استخدام وحدة RBC المزودة بأقراص أكريليكية، تم اختيار القرص الأكريليكي لأنه لا يتفاعل مع نمو الميكروبات وخفيف الوزن، تم تشغيل المفاعل دفعة واحدة ودراسة معالجة مياه الصرف الصحي بعدة حالات كما يأتي:

دراسة تأثير خشونة سطح الأقراص البيولوجية الدوارة على أداء كفاءة المعالجة عند سرعة دوران 3rpm بعدة حالات:

1. أقراص دوارة دون مادة تغليف.
2. أقراص دوارة مغلفة بصفائح بولي ايتلين منخفضة الكثافة.
3. أقراص دوارة مغلفة بقماش الفرو.

يبين **الجدول رقم (1** خصائص مياه الصرف الصحي الداخلة إلى حوض المعالجة في المرحلة الأولى من التجارب:

الجدول رقم (1): خصائص مياه الصرف الصحي الداخلة إلى حوض المعالجة في المرحلة الأولى

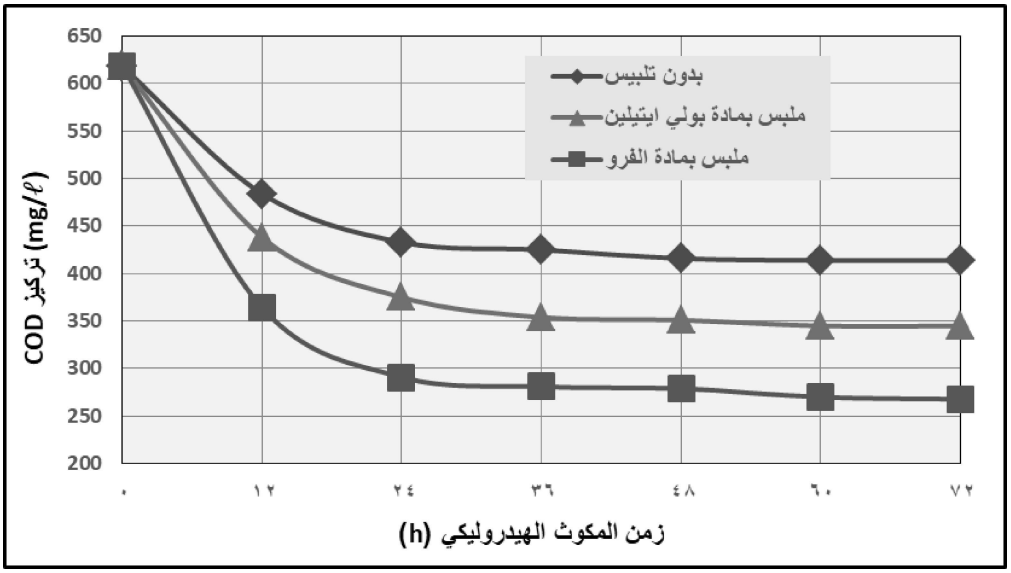
COD	618 mg/ℓ
BOD_5	303mg/ℓ
TS	912 mg/ℓ
TDS	516 mg/ℓ
TSS	396 mg/ℓ
pH	7.7
EC	503 µs/cm
العكارة	306 NTU

تم اختيار زمن مكوث لحد 72 h لإجراء التجارب واختيار الزمن الامثل، كما تم تأمين الحرارة اللازمة للمعالجة عن طريق سخان كهربائي مزود بترموستات وهي 24 درجة مئوية.

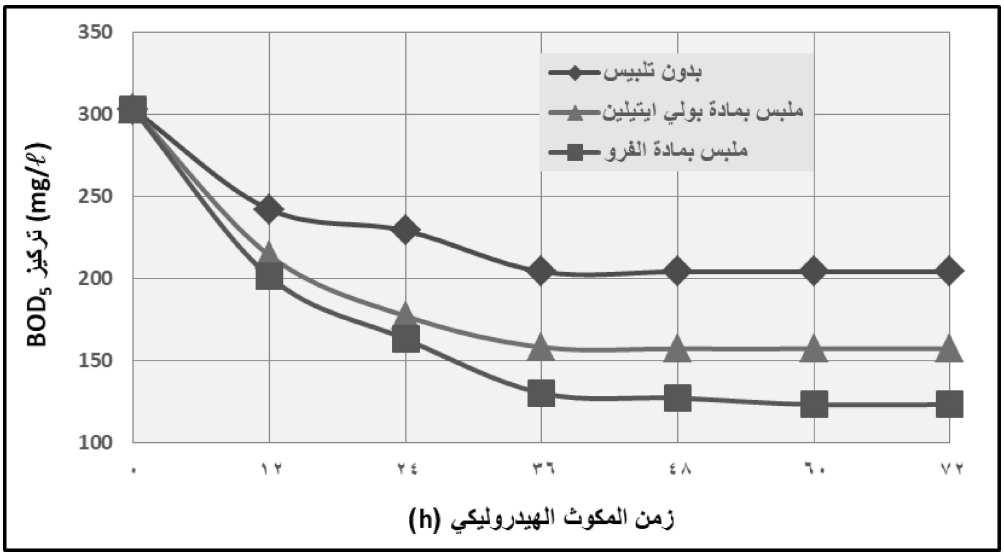
الحالة الأولى:

دراسة تأثير تغليف الأقراص بمواد مختلفة على كفاءة الإزالة لـ COD، BOD_5، TSS:

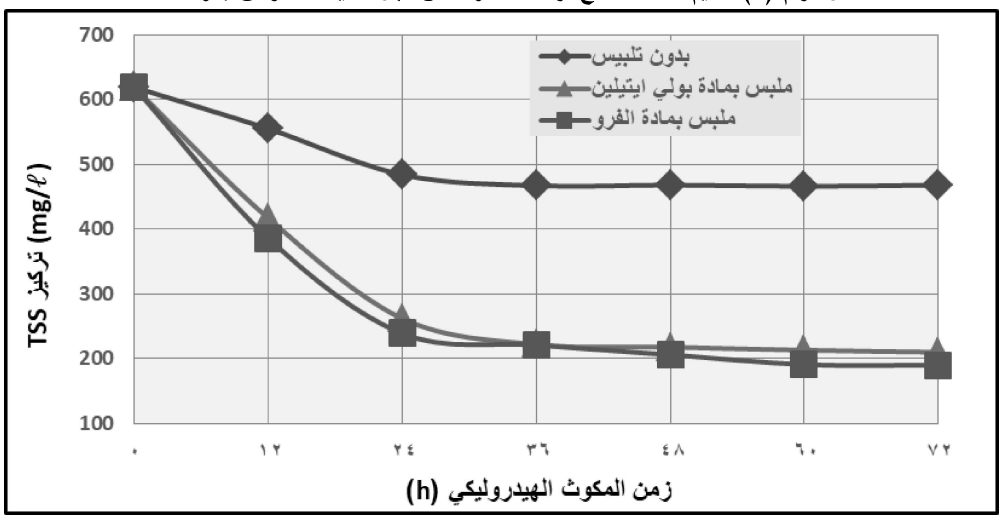
تم اختبار تغير تركيز COD، BOD_5، TSS للمياه الناتجة عن المعالجة، خلال أزمنة مكوث مختلفة (12,24,36,48,60,72h)، وذلك عند قيمة ثابتة لسرعة دوران الأقراص (3rpm)، وتم رسم العلاقة بين قيم كلٍ من الـ COD، BOD_5، TSS وزمن المعالجة، من أجل تغليف الأقراص بمواد مختلفة كما في الأشكال 5 و 6 و 7 .



الشكل رقم (5): قيم الـ COD مع أزمنة المكوث من أجل تغليف الأقراص بمواد مختلفة



الشكل رقم (6): قيم BOD_5 مع أزمنة المكوث من أجل تغليف الأقراص بمواد مختلفة



الشكل رقم (3): قيم TSS مع أزمنة المكوث من أجل تغليف الأقراص بمواد مختلفة

من النتائج البحثية تم الحصول على أكبر كفاءة إزالة لكافة المعاملات المدروسة لمياه الصرف الصحي والتي كانت عند تغليف الأقراص بقماش الفرو، حيث أعطت أفضل النتائج وهذا يعني أن مادة التغليف الفرو هي المادة المثلى، ويعود سبب ذلك أن مادة قماش الفرو ذات مساحة سطح نوعي كبير سمحت بنمو المزيد من الكائنات الحية الدقيقة، وبالتالي زادت كفاءة الإزالة، كما تميزت مادة التغليف الفرو بقدرتها على تماسك الأغشية الحيوية وعدم السماح بانسلاخها بشكلٍ سريع، كما لوحظ من الأشكال السابقة أن انخفاض تراكيز الملوثات بعد زمن مكوث 36 ساعة أصبح ضئيلاً، كما أن قيم المؤشرات لم تصل إلى التراكيز المسموحة حسب المواصفة القياسية السورية للري.

الحالة الثانية:

دراسة تأثير سرعة دوران الأقراص المغلفة بقماش الفرو على كفاءة المعالجة لـ COD، BOD_5، TSS:

استنادا للنتائج السابقة باستخدام مادة تغليف الفرو والتي أعطت أعلى كفاءات إزالة، تم دراسة تأثير سرعة دوران الأقراص المغلفة بقماش الفرو على كفاءة المعالجة وفق الحالات التالية:

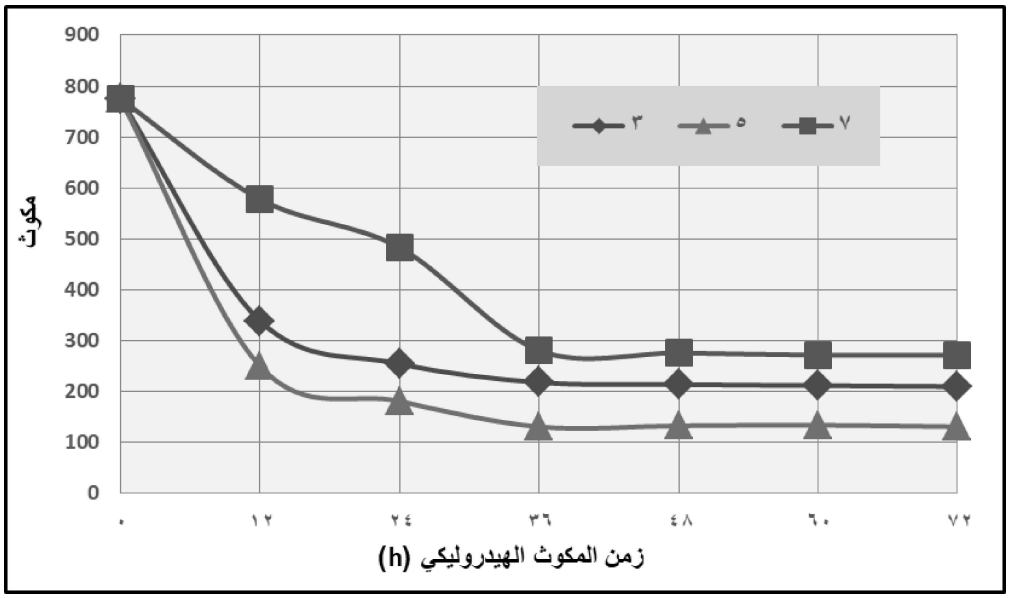
- سرعة دوران الأقراص 3 rpm
- سرعة دوران الأقراص 5 rpm
- سرعة دوران الأقراص 7 rpm

يوضح الجدول خصائص مياه الصرف الصحي الداخلة إلى حوض المعالجة لتجارب الحالة الثانية.

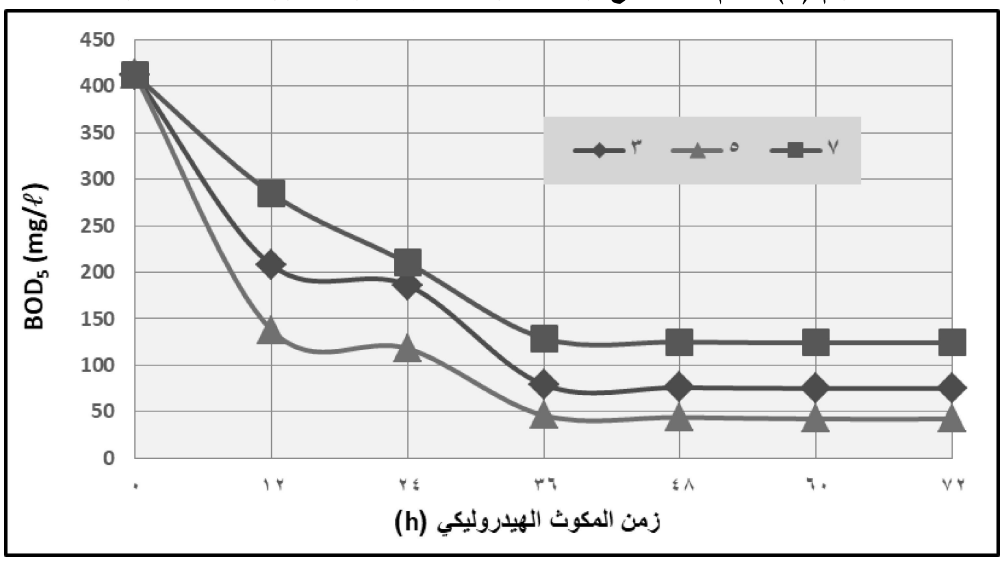
الجدول رقم (3): خصائص مياه الصرف الصحي الداخلة إلى حوض المعالجة

COD	775 mg/ℓ
BOD_5	412 mg/ℓ
TS	1100 mg/ℓ
TDS	596 mg/ℓ
TSS	604 mg/ℓ
pH	7.6
EC	526 µs/cm
العكارة	431 NTU

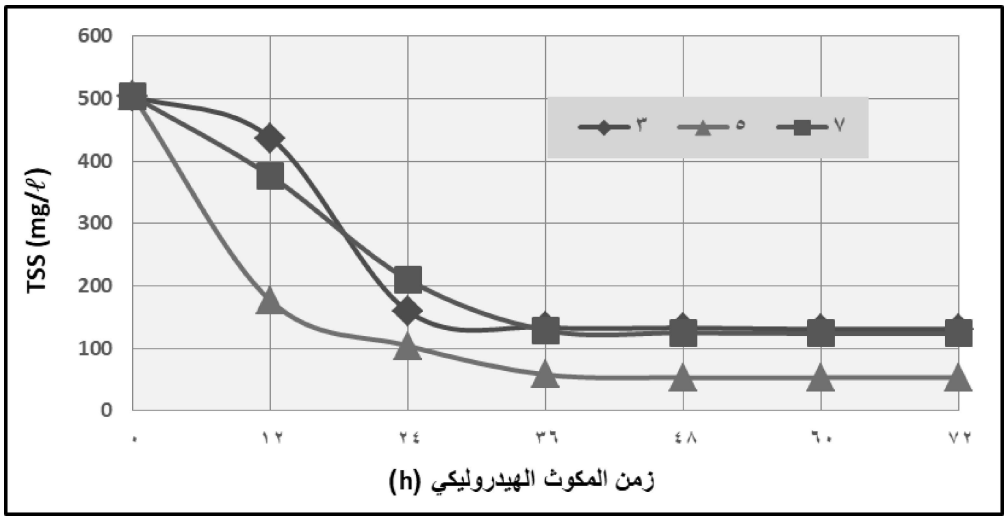
تم اختبار تغير تركيز COD، BOD_5، TSS للمياه الناتجة عن المعالجة، خلال أزمنة مكوث مختلفة (12 h، 24، 36، 48، 60، 72)، وذلك عند قيم مختلفة لسرعة دوران الأقراص (3،5،7 rpm)، وتم رسم العلاقة بين قيم COD، BOD_5، TSS وأزمنة المكوث من أجل قيم مختلفة لسرعة دوران الأقراص كما في الأشكال 8 و 9 و 10 .



الشكل رقم (2): قيم COD مع أزمنة المكوث من أجل سرعات دوران مختلفة للأقراص



الشكل رقم (3): قيم BOD_5 مع أزمنة المكوث من أجل سرعات دوران مختلفة للأقراص



الشكل رقم (4): قيم TSS مع أزمنة المكوث من أجل سرعات دوران مختلفة للأقراص

من النتائج البحثية تم الحصول على أكبر كفاءة إزالة لكافة المعاملات المدروسة لمياه الصرف الصحي والتي كانت عند سرعة دوران 5 rpm، حيث أعطت أفضل النتائج بالمقارنة مع المعاملات الأخرى، وهذا يعني أن سرعة الدوران 5 rpm هي السرعة المثلى، حيث قامت بإدخال الكمية الكافية من الأكسجين لعمل البكتريا الهوائية وبالتالي زادت كفاءة المعالجة، وكانت جميع تراكيز مؤشرات التلوث لمياه الصرف في هذه الحالة عند زمن مكوث 36 h وهي أقل من القيم الموضوعة من قبل المواصفة السورية لري المزروعات.

الاستنتاجات

- ✓ أظهرت النتائج البحثية كفاءة استخدام الأقراص البيولوجية كنموذج مناسب لمعالجة مياه الصرف الصحي، وكانت قيم تراكيز الملوثات في المياه الناتجة عن عملية المعالجة عند تغليف الأقراص بمادة الفرو وسرعة الدوران 5 rpm وزمن مكوث 36 h أقل من القيم المسموحة حسب المواصفة السورية لري المزروعات.

المؤشر / نوعية المياه	BOD_5	COD	TSS
	التركيز (mg/ℓ)		
في المياه قبل المعالجة	412	775	604
في المياه المُعالجة بعد زمن 36 h	46	131	58
في المياه المُعالجة حسب المواصفة القياسية السورية لري المزروعات	150	300	1500

- ✓ من النتائج البحثية تم الحصول على أكبر كفاءة إزالة لكافة المعاملات المدروسة لمياه الصرف الصحي والتي كانت عند تغليف الأقراص بقماش الفرو وزمن مكوث 36h، حيث وصلت كفاءة الإزالة لكلٍّ من COD ، BOD_5 ، TSS إلى 54.53% ، 57.10% ، 46.10% على الترتيب.

- ✓ من النتائج البحثية تم الحصول على أكبر كفاءة إزالة لكافة المعاملات المدروسة لمياه الصرف الصحي والتي كانت عند سرعة دوران 5 rpm وزمن مكوث 36h، حيث وصلت كفاءة الإزالة لكلٍ من COD ، BOD_5 ، TSS إلى 83.10% ، 88.83% ، 88.49% على الترتيب.

المراجع

[1] A. Ebrahimi, M. Asadi and G. Najafpour, "DAIRY WASTEWATER TREATMENT USING THREE-STAGE ROTATING BIOLOGICAL CONTACTOR (NRBC)," *IJE Transactions B: Applications,* vol. 22, no. 2, pp. 107-114, 2009.

[2] A. A. PATHAN, R. B. MAHAR and K. ANSARI, "Preliminary Study of Greywater Treatment through Rotating Biological Contactor," *MEHRAN UNIVERSITY RESEARCH JOURNAL OF ENGINEERING & TECHNOLOGY,* vol. 30, no. 3, pp. 531-538, 2011.

[3] S. Enayathali.S and D. V. Kumar, "Effect of Rotational Speed of Blades for Treating Grey water In Rotating Biological Contactors," *International Journal of Engineering Research and Applications (IJERA),* vol. 2, no. 3, pp. 2294-2297, 2012.

[4] P. A. Kadu, R. B. Landge and Y. R. M. Rao, "Treatment of dairy wastewater using rotating biological contactors," *European Journal of Experimental Biology,* vol. 3, no. 4, pp. 257-260, 2013.

[5] M. R. Tonde, P. J. R. Mali and P. S. B. Patil, "Study of Rotating Biological Contactors (RBCs) for Wastewater Treatment Process," in *International Conference Proceeding ICGTETM*, Bambhori, Jalgoan, 2017.

[6] M. A. Mohamed, R. M. ElHefnyb and H. A. Fouada, "Reviewing Rotating Biological Contactor's Different Aspects for Wastewater," *ENGINEERING RESEARCH JOURNAL,* vol. 51, no. 2, pp. 180-187, 2022.

[7] P. Powar, V. Nejkar, P. Patil and V. Naik, "Dairy Wastewater Tratment with RBC as Secondary unit and use of treated Effluent for Agriculture," in *E3S Web of Conferences 405*, Ichalkaranji,Maharashtra State,India, 2023.