Journal of Engineering Sciences and Information Technology
Volume (5), Issue (2): 30 Jun 2021
P: 1 - 16

ISSN: 2522-3321

مجلة العلوم الهندسية وتكنولوجيا المعلومات
المجلد (5)، العدد (2): 30 يونيو 2021م
ص: 1 - 16

Efficiency of rapid sand filtration by using Dual-Layer filter for filtering wastewater from Salamiah treatment station in Syria

Abdul kafi Mohammad Shmit

Naeima Ajib

College of Civil Engineering || Al-Baath University || Syria

Mahmoud Alfattamah

College of Civil Engineering || Hama University || Syria

Abstract: Water exiting from treatment stations, which work by the fixing manner in natural oxidization ponds, has a high concentration of solid substances due to the existence of the algae, and for reusing this water for agriculture these substances must be reduced.The subject of this research is to study the efficiency of one of the rapid filtration forms, using dual-layer rapid filters, in order to get rid of the solid particles suspended in the final output water of Salamiah Sewage Treatment Plant. To achieve this, an experimental treatment station was constructed and operated to evaluate the efficiency of wastewater treatment by using a rapid sand filter, with a filter bed composed of local sand with pistachio peels, the total filter bed height (1.4m) consisting of (1m) sand and (40 cm) pistachio peels. The action of the experimental filter has been compared over three cycles of filtration and the optimum filtration cycle has been reached at a plenty rate of 12 $m^3/m^2.h$, where the efficiency of removing the turbidity, TSS and COD was 32.43%, 89.79% and 64.29% respectively.It is discerned that these filters are easy to be invested and has a high output in comparison with filtrating by the general traditional way, and it is recommended for use in treatment stations operating with the natural oxidization ponds method.

Keywords: Dual-layer rapid filters, pistachio peels, local sand.

دراسة كفاءة المرشحات الرملية السريعة باستخدام مرشح ثنائي الطبقة لفلترة مياه الصرف الصحي الناتجة عن محطة معالجة سلمية في سورية

عبد الكافي محمد شميط

نعيمة عجيب

كلية الهندسة المدنية || جامعة البعث || سورية

محمود الفطامة

كلية الهندسة المدنية || جامعة حماة || سورية

المستخلص: إن المياه الخارجة من محطات المعالجة التي تعمل بطريقة التثبيت في برك الأكسدة الطبيعية يكون تركيز المواد الصلبة فيها مرتفع، نتيجة وجود الطحالب، ومن أجل إعادة استخدام هذه المياه في الزراعة لا بُدّ من تخفيض تركيز هذه المواد. يتخلص موضوع هذا البحث في دراسة كفاءة أحد أشكال الترشيح السريع، باستخدام المرشحات السريعة ثنائية الطبقة، بغية التخلص من الجسيمات الصلبة العالقة في مياه الخرج النهائي لمحطة معالجة مجاري مدينة سلمية. ولتحقيق ذلك، تم إنشاء وتشغيل محطة معالجة تجريبية لتقييم كفاءة المعالجة عند استخدام فلتر رملي سريع، ذو حشوة ترشيح مكونة من رمل محلي مع قشور الفستق الحلبي، ارتفاع الحشوة

الكلي (1.4m) تتألف من (1m) رمل ومن (40 cm) قشور الفستق الحلبي. تم مقارنة عمل الفلتر خلال ثلاث دورات ترشيح، وتم الوصول إلى دورة الترشيح الأمثل عند معد غزارة 12 $m^3/m^2.h$، حيث كانت نسبة كفاءة إزالة العكارة 32.43%، ونسبة كفاءة إزالة TSS 89.79%، ونسبة كفاءة إزالة COD 64.29%، حيث تبين أن هذه المرشحات سهلة الاستثمار، وذات مردود عالي، مقارنةً مع الترشيح بالطريقة العامة التقليدية، ويوصى باستخدامها في محطات المعالجة التي تعمل بطريقة برك الأكسدة الطبيعية.

الكلمات المفتاحية: مرشح سريع ثنائي الطبقة، قشور الفستق الحلبي، رمل محلي.

1. المقدمة.

اكتسبت المرشحات الرملية أهمية كبيرة في مجال تنقية المياه الطبيعية للاستفادة منها في مياه الشرب أو في المجالات الصناعية، وقد شهدت عملية الترشيح قفزات علمية وتطبيقاتها مستمرة بدأها العالم (Fuller) في عام 1897، حيث أزاح المرشح الرملي البطيء ليحل محله المرشح الرملي السريع، ففي المرشحات البطيئة يتشكل عادة غشاء من المواد العالقة في المياه على سطح الحشوة المرشحة، وعند ازدياد سرعة الترشيح لا تتوقف هذه المواد على سطح الحشوة فقط وإنما تدخل أيضاً ضمن فراغاتها، إن هذا الوصف لا يوضح بشكل كافٍ عملية التنقية في المرشحات السريعة، ولكنه ظل مستخدماً حتى نهاية الأربعينات من القرن العشرين. مثلاً ربط العالم السوفياتي ف.ت.تورتشينوفيتش في عام 1932 فعالية تنقية المياه بالترشيح بالأبعاد الهندسية للجزيئات والجسيمات المشتتة وبسرعة الترشيح، ولاحظ أن حجز الشوائب الصغيرة الحجم يتطلب سرعات ترشيح صغيرة ورمل ناعم، وأوضح أ.أ.كستالسكي و ف.أ.كلاشكو عام 1953 أن نسبة المواد العالقة التي تدخل في الطبقة المرشحة ومدى دخولها فيها تتعلق بعدة عوامل أهمها: سرعة الترشيح وتتناسب طرداً معها، حجم حبيبات الطبقة الراشحة وتتناسب طرداً معها، قطر الجسيمات العالقة وتتناسب عكساً معها، وأكد العالم الروسي د.م.مينتس في نهاية الأربعينات وبداية الخمسينات (Minth, 1951) اعتماداً على الأبحاث التي أجراها أن عملية تنقية المياه في المرشحات هي عبارة عن مجموع لنتيجة عمليتين متعاكستين، أولاً: نزع الجسميات من المياه وتجمعها على حبيبات طبقة الترشيح تحت تأثير قوى التجاذب، ثانياً: فصل هذه الجسيمات الملتصقة سابقاً عن حبيبات الحشوة ثم عودتها إلى المياه تحت تأثير قوة الدفع الهيدروليكية للتيار المائي، إن الترشيح عبر الطبقات الثنائية قد اختبر منذ العام 1930 ومر بعدة مراحل، إن الدراسات القياسية للمرشحات الثنائية الطبقة باعتبارها مفهوماً جديداً قد طورت في العقود الماضية، على الرغم من أنه في العام 1935 قام (باليس) بعدة تجارب على مرشح يتألف من عدة طبقات مستخدماً الماغناتيت والانتراسيت مع الرمل، ولم تنشر نتائج الدراسات المتعلقة بالمرشحات ثنائية الطبقة حتى العام 1960، ونشر العالم روبيك(Robeck et al., 1963) في العام 1963 تقريراً في جنوب كارولينا وصنف في هذه التجارب مختلف أنواع الطبقات المستخدمة وسلوكها في إزالة العكارة.

في مدينة ثيسالونيسكي (Zouboulis & Trskas, 2007) في اليونان، تمت المقارنة بين نظام عمل مرشح رملي بارتفاع 1m ونظام عمل مرشح ثنائي الطبقة مؤلف من 60cm رمل في الأسفل و 40cm فحم انتراسيت في الأعلى، وقيمت الكفاءة بإزالة العكارة فوجد أن المرشحات الأحادية والثنائية الطبقة قد أعطت ماه بنفس الجودة ولكن بدورة ترشيح أكبر للمرشح ثنائي الطبقة.

قام الباحث (Zahid, 2003) بتقييم أداء الرمل في ترشيح مياه الصرف الصحي المعالجة ثانوياً بإجراء تجارب حقلية، وتوصل إلى إمكانية استخدام رمل حائل لترشيح مياه الصرف الصحي المعالجة عند معدلات الترشيح 4-8-12 م^3/م^2.سا، حيث أمكن الوصول إلى مياه مرشحة بجودة تحقق المقاييس السعودية لجودة المياه المعالجة لأغراض

الري غير المقيد والأغراض الترفيهية، حيث بلغت نسبة إزالة المواد العالقة عند معدلات 4-8-12 م/سا على التوالي 50-56-72 %، ونسبة إزالة العكارة عند المعدلات 4-8-12 م/سا على التوالي 70-85-45 %.

أثبت الباحث (Al-Jadhai, 2003) قدرة الترشيح الثلاثي السريع على إزالة المواد الصلبة العالقة، حيث استخدم رمل محلي قطره الفعال 2.4 مم ومعامل الانتظام 1.21 وتدرج حبي 2~ 3.36 مم على ثلاثة سلاسل ترشيح بمعدل 4-8-18 م/سا، حيث كان متوسط نسبة إزالة المواد الصلبة 83% على السلاسل الثلاثة وبحد أقصى 98%، متوسط كفاءة إزالة العكارة لثلاثة سلاسل 65% وبحد أقصى 94%، متوسط كفاءة إزالة COD لثلاثة سلاسل 32% وبحد أقصى 75%.

قام الباحث (Hamoda et al., 2004) بتقييم أداء المرشحات الرملية السريعة في ثلاثة محطات لمعالجة مياه الصرف الصحي في الكويت، حيث كانت كفاءة إزالة المواد الصلبة العالقة والمواد العضوية بين (95-99) %، واستوفت المياه المعالجة ثالثياً متطلبات جودة المياه التي تُستخدم لري المزروعات وفق المواصفات القياسية الكويتية.

درست الباحثة (Ali et al., 2010) بارامترات تشغيل مرشح ثنائي الطبقة وفق الترشيح فوق السريع واستخدمت (رمل الكوارتز-الإنتراسيت)، وقد تمت دراسة فعالية هذا المرشح في إزالة عكارة المياه ضمن سلسلة كبيرة من التجارب على نموذج مخبري بعكارات 30-60غ/م^3، وسرعات ترشيح 30-45-60 م/سا، وبينت التجارب أنه بالإمكان استخدام الترشيح فوق السريع بحشوة ثنائية الطبقة بفعالية جيدة من حيث مردود التنقية وذلك من أجل سرعات ترشيح ضمن مجال 30-60 م/سا حيث تراوح مردود التنقية بين 90-97%.

في اسبانيا قام الباحث (Illueca-Muñoz et al., 2008) بدراسات شملت طرائق مختلفة من أجل إعادة استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة بطريقة الحمأة المنشطة لأغراض الري، وأظهرت النتائج أن الطريقة الأكثر فعالية تكون من (ترسيب+ترشيح رملي+تعقيم بالأشعة فوق البنفسجية+ ترشيح فوق السريع)، وتم الوصول إلى كفاءة معالجة 100% بالنسبة لإزالة القولونيات و 60% كانت كفاءة إزالة COD.

في الكويت قام الباحث (Al-Shammari, 2018) بتقييم أداء المرشح الرملي السريع الذي يعمل بالجاذبية في محطة في الكويت لمعالجة مياه الصرف الصحي، والتي تعمل بطريقة الحمأة المنشطة لتقييم مردود إزالة TSS, BODحيث أمكن الوصول إلى مياه مرشحة بجودة تحقق المقاييس الكويتية لجودة المياه المعالجة لأغراض الري المقيد، حيث كانت كفاءة إزالة TSS-BOD على التوالي (66-89)%.

في تايلاندا قام الباحث (Matura Nimtim et al., 2020) بتقييم أداء المرشح الرملي السريع في محطة لمعالجة مياه الصرف الصحي، والتي تعمل بطريقة التثبيت في برك الأكسدة الطبيعية لتقييم مردود إزالة المواد الصلبة العالقة حيث قام بإجراء تجاربه على خمس برك وتوصل إلى مردود معالجة بالنسبة لـ TSS: 74%.

لقد قام الباحثون بإجراء عمليات الترشيح على مياه الصرف في العديد من الدول باستخدام الرمال المحلية، وفي هذا البحث سنقوم بإجراء عمليات الترشيح على مياه الخرج النهائي لمحطة مجاري مدينة سلمية باستخدام الرمل المحلي مع قشور الفستق الحلبي، تتميز هذه القشور بأنها ذات بنية مسامية، كلفتها منخفضة، متوفرة في السوق المحلية، طبيعتها مقاومة لمياه الصرف الصحي.

2. المشكلة البحثية:

إن طريقة المعالجة المتبعة في محطة معالجة مجاري مدينة سلمية هي طريقة التثبيت في برك الأكسدة الطبيعية، التي من بين مساوئها خروج نسبة عالية من الطحالب والأشنيات مع مياه الخرج النهائي، أي أن كمية المواد العالقة كبيرة، وللاستفادة من هذه المياه لا بُد من تخفيض تراكيز هذه الملوثات بغرض استخدامها في الزراعة،

ولتوفير مصدر مائي جديد عن طريق المعالجة المعقمة لمياه الصرف الصحي، يهدف البحث إلى زيادة مردود تخفيض مؤشرات TSS، العكارة، CODفي مياه الخرج النهائي الناتجة عن المحطة.

3. منهج البحث.

تم اختيار المنهج التجريبي في البحث لأن زمن دورات الترشيح تجريبي وهو من بين المعايير التي يتم تحديدها ضمن البحث من أجل اختيار دورة الترشيح الأمثل، يحدد زمن دورة الترشيح بعد إيقاف الفلتر وإجراء عملية الغسيل العكسي وذلك عند انسداد الفراغات بين حبيبات الرمل وانخفاض مردود الفلترة حيث ينصح باتباع الترتيب التالي (QASSIR, 2004) عند عملية الغسيل العكسي للفلتر: لمدة دقيقة واحدة $6\ l/sec.m^2$ ولمدة 5 دقائق $3\ l/sec.m^2$ ولمدة دقيقتين $6\ l/sec.m^2$.

أي أن غزارة الغسيل العكسي للفلتر (مساحة مقطعه تساوي $0.00785\ m^2$) 2.8 l/min لمدة دقيقة، & 1.4 l/min لمدة 5 دقائق، & 2.8 l/min لمدة دقيقتين.

4. حدود البحث:

- موضوعية: تقييم كفاءة المرشحات الرملية السريعة، لفلترة مياه الصرف الصحي المعالجة بطريقة التثبيت في برك الأكسدة الطبيعية.
- مكانية: محطة معالجة مياه مجاري مدينة سلمية في سورية.

5. أدوات البحث:

الملاحظة المنظمة: تم إجراء التجارب لعينات المياه المفلترة في مخبر محطة معالجة مدينة سلمية، وقمنا بدورنا بمراقبة عمل الفلتر الرملي خلال دورات الترشيح والتحكم بمعدلات الغزارة الداخلة للفلتر وتسجيل قيم الضغط خلال عمل الفلتر، والقيام بعملية الغسيل العكسي عند خروجه من الخدمة وذلك لإعادة تنشيطه.

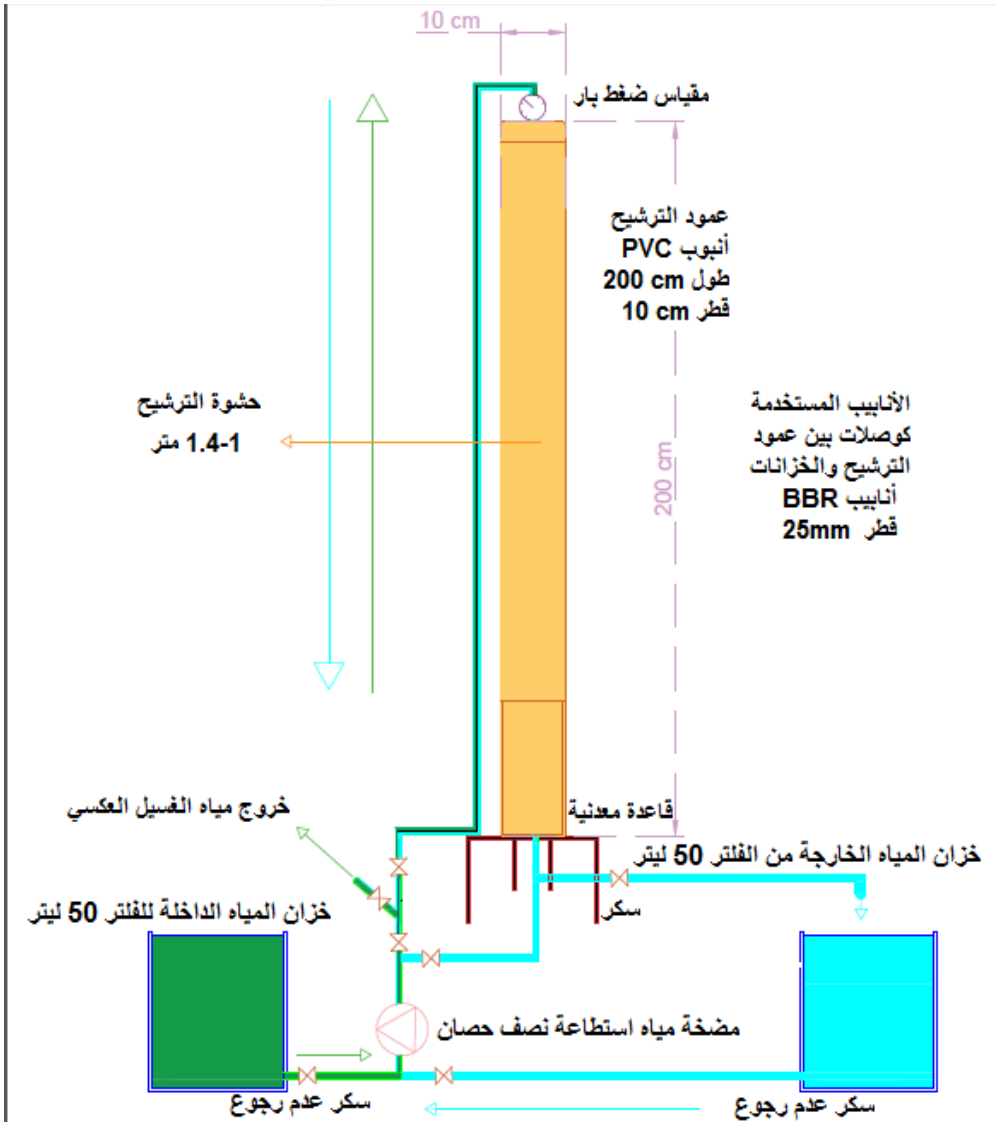
برنامج EXCEL: تم استخدامه في رسم المخططات البيانية المدرجة خلال البحث، وفي تحليل النتائج من أجل اختيار دورة الترشيح الأمثل.

6. مواد البحث وطرائقه:

1.6 موقع إجراء البحث:

تم إجراء البحث في سورية باستخدام محطة معالجة تجريبية صُممت ووُضعت في محطة معالجة مياه الصرف الصحي لمدينة سلمية في محافظة حماة، موضحة في الشكل (1)، وفي الشكل (2) تم رسم كروكي للمحطة التجريبية.

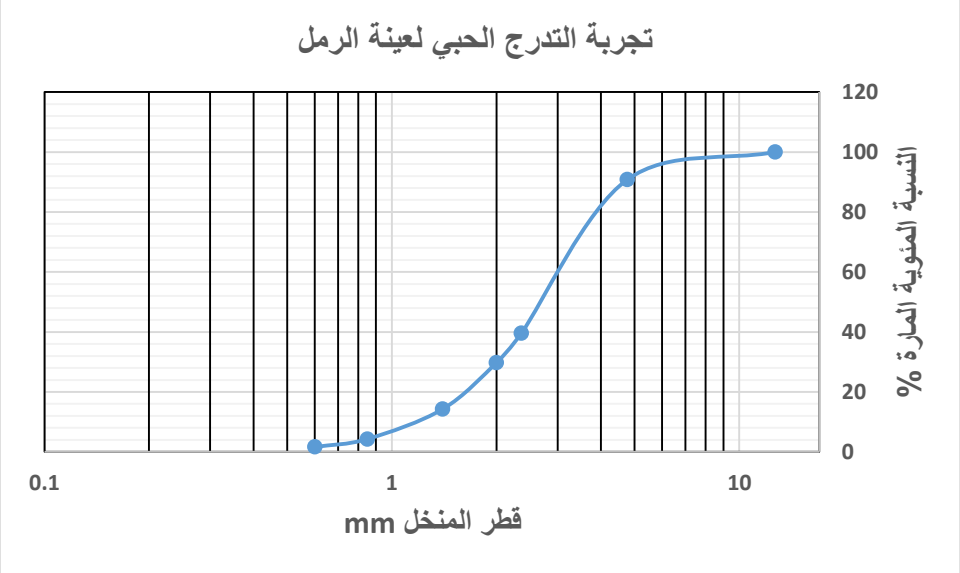
الشكل (1) المحطة التجريبية المصممة في سلمية



الشكل (2) كروكي للمحطة التجريبية المصممة

2.6 مواصفات عينة الرمل وقشور الفستق المستخدم في دورات الترشيح:

تم إجراء تجربة التحليل الحبي على عينة الرمل في المخبر، وتم تمثيل النتائج وفق ما هو موضح في الشكل (3)، وفي الشكل (4) تم إيضاح المناخل المستخدمة في التجارب.



الشكل(3) المنحني الحبي لعينة الرمال

الشكل(4) المناخل المستخدمة لتجربة التحليل الحبي

بالإضافة إلى ذلك تم قياس نسبة الذوبان في الأحماض والوزن النوعي وفق الجدول (1) المبين على الشكل التالي:

الجدول (1) يوضح الخصائص الفيزيائية لعينة الرمل

الاختبار	النتيجة	AWWA Standards (B 100-80)
نسبة الذوبان في الأحماض	1%	5%>
الوزن النوعي	2.52	2.5<
المواد الأصغر من 75 ميكرو متر في المقاس	%0.8	2%>
اختبار المناخل:		

الاختبار	النتيجة	AWWA Standards (B 100-80)
المقاس الفعال E.C	1.4	-
معامل الانتظام U.C	2.14	-
مقاس الحبيبات	0.6-4.76mm	-

كما تم قياس الوزن النوعي لقشور الفستق الحلبي والمسامية لكل من الرمل والقشور وفق الجدول التالي:

الجدول (2) يوضح مسامية الرمل والقشور والوزن النوعي للقشور

الوزن النوعي لقشر الفستق	0.53
مسامية قشور الفستق الحلبي	% 67
مسامية الرمل	% 40

3.6 تشغيل المحطة التجريبية:

تمت الدراسة بواسطة فلتر تجريبي مؤلف من:

1. أنبوب الترشيح (PVC) بطول (200 cm) وقطر (10 cm) مثبت على قاعدة معدنية مساحة مقطع الترشيح $0.00785\ m^2$.
2. مقياس ضغط بار مثبت في أعلى الأنبوب.
3. خزانين للمياه الداخلة إلى الفلتر والخارجة من الفلتر سعة كل منهما 50 ليتر.
4. مضخة مياه استطاعة نصف حصان وسكر عدم رجوع عند الخزانات وسكورة عادية للتحويل بين المياه المفلترة ومياه الغسيل العكسي.
5. أنابيب (BBr) قطر (25 mm) تستخدم كوصلات بين أنبوب الترشيح والخزانات.

تم إجراء ثلاثة دورات ترشيح كان ارتفاع حشوة الترشيح 1.4 m، تم استخدام الرمل المحلي مع قشور الفستق الحلبي كحشوة ترشيح ومعدلات ترشيح على التوالي 9-12-25 m3/m2.h، تم حساب مردود المعالجة باستخدام المعادلة التالية:

$$\text{M} = \frac{Cin - C\ out}{C\ in} * 100$$

حيث إن:

M - مردود المعالجة %.

C_{in}-تركيز الملوثات الداخلة إلى الفلتر mg/l.

C_{out}-تركيز الملوثات الناتجة عن المعالجة mg/l.

تم حساب كمية المياه المفلترة والمستهلكة والمردود من خلال العلاقات التالية:

كمية المياه المفلترة=متوسط المياه الخارجة من الفلتر* زمن دورة الترشيح.

المردود= كمية المياه المفلترة- كمية المياه المستهلكة خلال عملية الغسيل.

7. النتائج والمناقشة.

1.7 دورة الترشيح الأولى

تم استخدام طبقة من قشور الفستق الحلبي بسماكة 40 cm ليبلغ ارتفاع الحشوة 1.4 m (1 m رمل محلي- 40 cm قشور فستق) في دورات الترشيح، يوضح الجدول (3) مواصفات ومردود المياه الناتجة عن الفلترة في دورة الترشيح الأولى، حيث تم ضبط سكر التحكم بالمياه لتزويد الفلتر بتدفق قدره 9 $m^3/m^2.h$ وكانت النتائج كما هو موضح في الجدول (4).

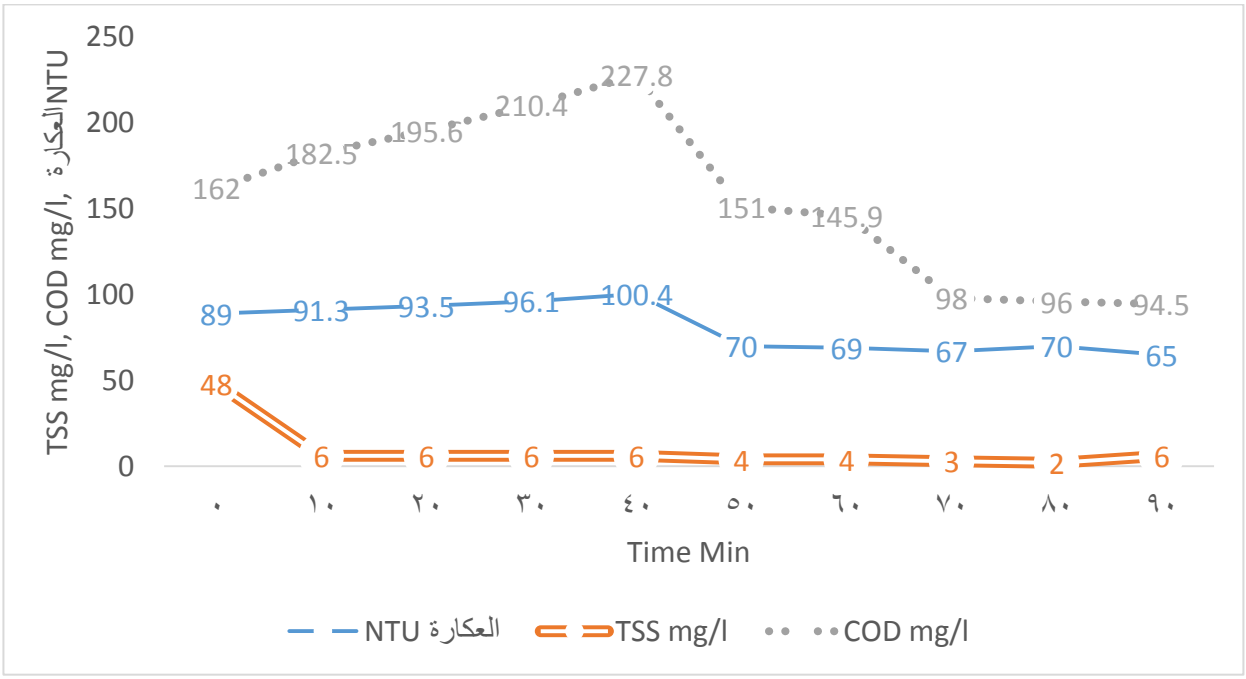
الجدول (3) مواصفات ومردود فلترة دورة الترشيح الأولى

ارتفاع الحشوة m	Qin		الزمن min	كمية المياه المفلترة l	كمية المياه المستهلكة خلال عملية الغسيل l	المردود l
	m/h	l/min				
1.4	9	1.2	90	81	15.4	65.6

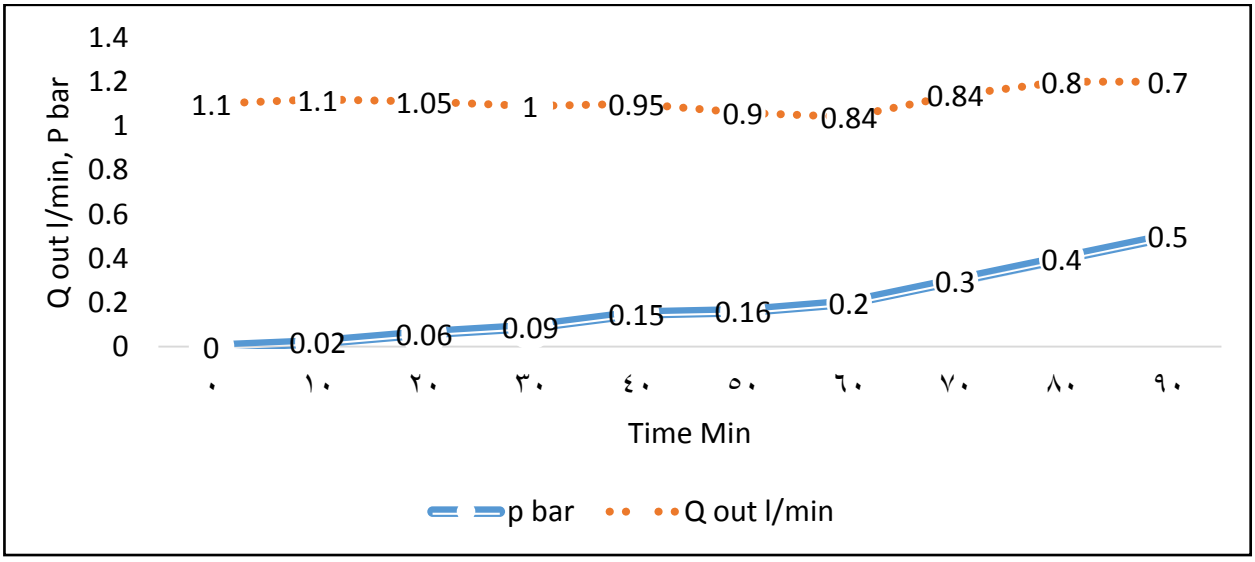
الجدول (4) نتائج تجارب دورة الترشيح الأولى عند معدل غزارة 9 $m^3/m^2.h$

رقم العينة	العكارة NTU	TSS mg/l	COD mg/l
الدخل	89	48	162
1	91.3	6	182.5
2	93.5	6	195.6
3	96.1	6	210.4
4	100.4	6	227.8
5	70	4	151
6	69	4	145.9
7	67	3	98
8	70	2	96
9	65	6	94.5
متوسط الخرج	80.3	4.8	155.7
مردود المعالجة %	9.78	90	3.89

تم تسجيل الغزارة الخارجة من الفلتر كل عشر دقائق بالإضافة إلى أخذ عينة من المياه الخارجة من الفلتر لإجراء التحاليل المخبرية عليها، في هذه الدورة لوحظ ارتفاع نسبة الـ COD خلال أول نصف ساعة من العمل وذلك بسبب انحلال المواد العضوية الموجودة في قشور الفستق، بدأت قيم المواد الصلبة العالقة بالارتفاع بعد مرور 90 دقيقة وبالتالي الحاجة إلى عملية غسيل عكسي، بعد ساعة ونصف من العمل أجريت عملية غسيل عكسي، تم تمثيل نتائج دورة الترشيح الأولى بيانياً كما هو موضح في الشكل (5) حيث يبين العلاقة بين تغير تراكيز مؤشرات العكارة، TSS، COD عبر الزمن، وفي الشكل (6) تم تمثيل تغيرات مؤشر الضغط والغزارة الخارجة من الفلتر عبر الزمن في دورة الترشيح الأولى.



الشكل (5) نتائج دورة الترشيح الأولى



الشكل (6) قيم الضغط والغزارة الخارجة من الفلتر في دورة الترشيح الأولى

2.7 دورة الترشيح الثانية

يوضح الجدول (5) مواصفات ومردود المياه الناتجة عن الفلترة في دورة الترشيح الثانية حيث تم تم زيادة الغزارة لتصبح بمعدل 12 $m^3/m^2.h$ وكانت النتائج كما هو موضح في الجدول (6).

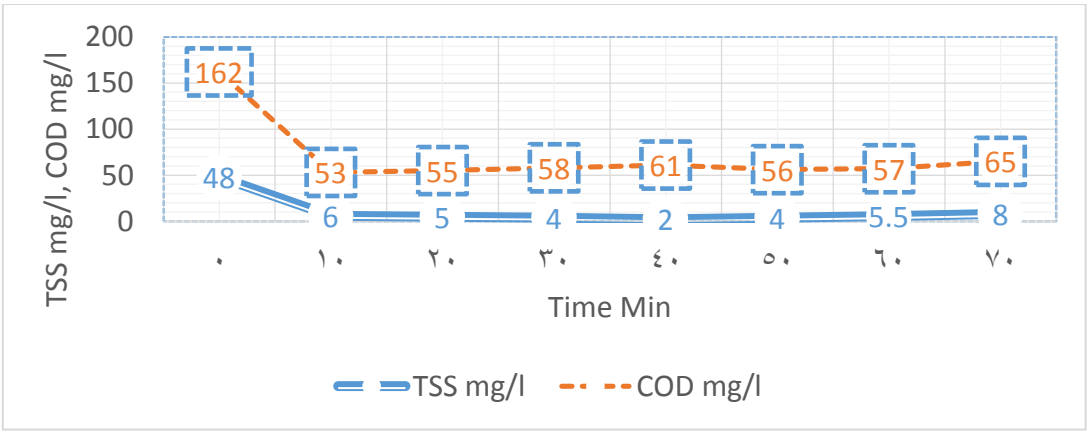
الجدول (5) مواصفات ومردود فلترة دورة الترشيح الثانية

ارتفاع الحشوة m	Qin		الزمن min	كمية المياه المفلترة l	كمية المياه المستهلكة خلال عملية الغسيل l	المردود l
	m/h	l/min				
1.4	12	1.57	70	75.6	15.4	60.2

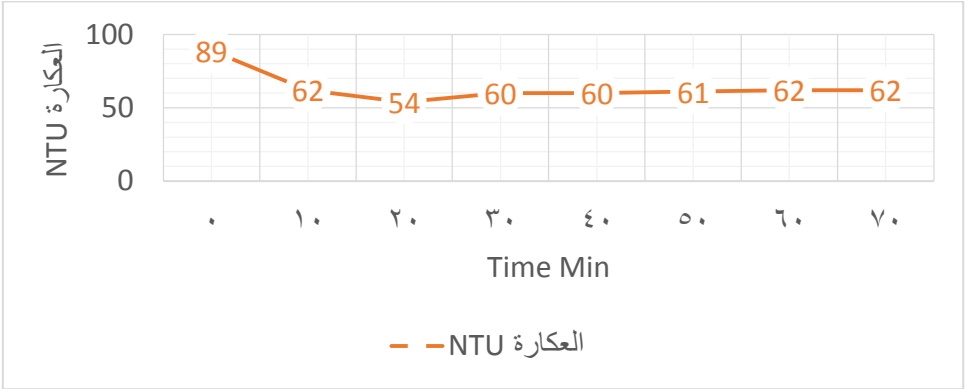
الجدول (6) نتائج تجارب دورة الترشيح الثانية عند معدل غزارة $12\ m^3/m^2.h$

رقم العينة	العكارة NTU	TSS mg/l	COD mg/l
الدخل	89	48	162
1	62	6	53
2	54	5	55
3	60	4	58
4	60	2	61
5	61	4	56
6	62	5.5	57
7	62	8	65
متوسط الخرج	60.14	4.9	57.85
مردود المعالجة %	32.43	89.79	64.29

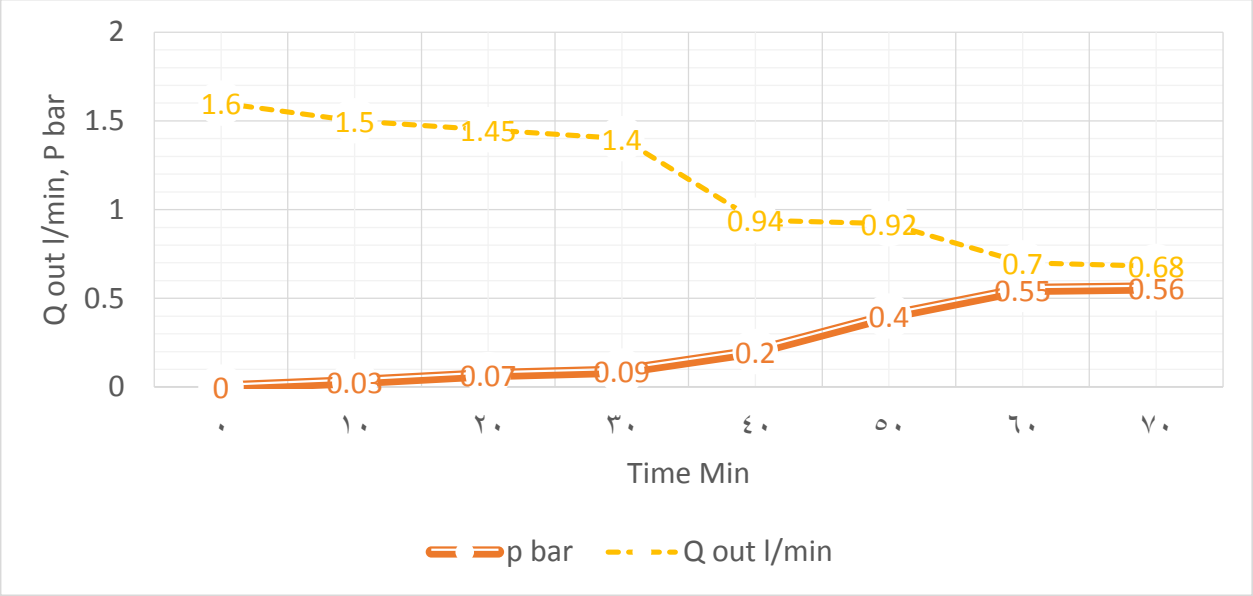
تم تسجيل الغزارة الخارجة من الفلتر كل عشر دقائق بالإضافة إلى أخذ عينة من المياه الخارجة من الفلتر لإجراء التحاليل المخبرية عليها، وبعد مرور 70 دقيقة بدأت كمية المواد الصلبة العالقة بالارتفاع لذلك تم إجراء عملية غسيل عكسي، تم تمثيل نتائج دورة الترشيح الثانية بيانياً كما هو موضح في الشكل (7)، (8) حيث يبين العلاقة بين تغير تراكيز مؤشرات العكارة، TSS، COD عبر الزمن، وفي الشكل (9) تم تمثيل تغيرات مؤشر الضغط والغزارة الخارجة من الفلتر عبر الزمن في دورة الترشيح الثانية.



الشكل (7) نتائج دورة الترشيح الثانية (COD-TSS)



الشكل (8) نتائج دورة الترشيح الثانية (العكارة)



الشكل (9) قيم الضغط والغزارة الخارجة من الفلتر في دورة الترشيح الثانية

3.7 دورة الترشيح الثالثة

يوضح الجدول (7) مواصفات ومردود المياه الناتجة عن الفلترة في دورة الترشيح الثانية حيث تم زيادة الغزارة لتصبح بمعدل 25 $m^3/m^2.h$ وكانت النتائج كما هو موضح في الجدول (8).

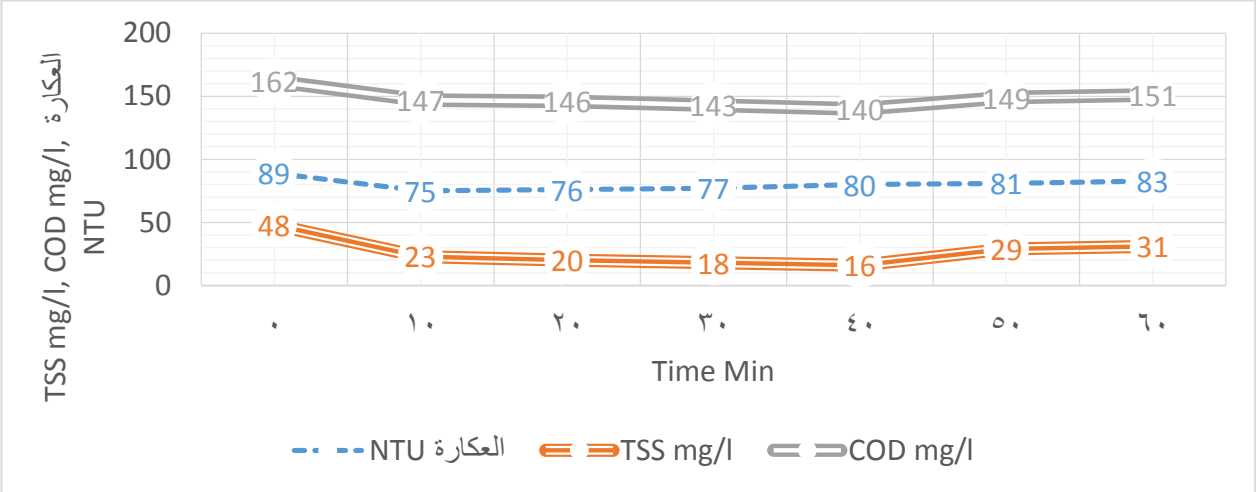
الجدول (7) مواصفات ومردود فلترة دورة الترشيح الثالثة

ارتفاع الحشوة m	Qin		الزمن min	كمية المياه المفلترة l	كمية المياه المستهلكة خلال عملية الغسيل l	المردود l
	m/h	l/min				
1.4	25	3.3	60	178.8	15.4	163.4

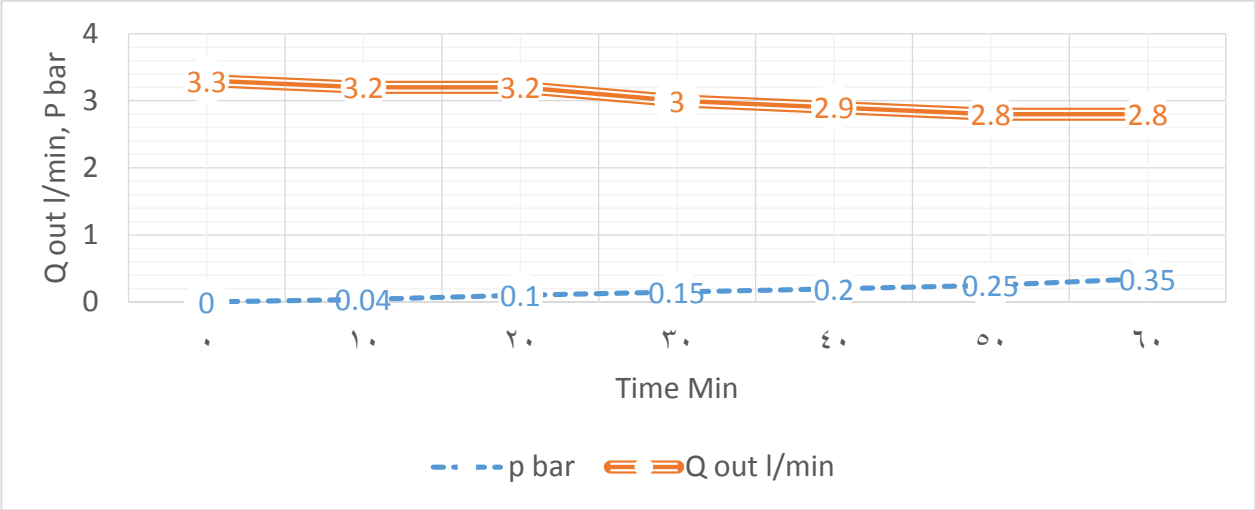
الجدول (8) نتائج تجارب دورة الترشيح الثالثة عند معدل غزارة 25 $m^3/m^2.h$

رقم العينة	العكارة NTU	TSS mg/l	COD mg/l
الدخل	89	48	162
1	75	23	147
2	76	20	146
3	77	18	143
4	80	16	140
5	81	29	149
6	83	31	151
متوسط الخرج	78.67	22.8	146
مردود المعالجة %	11.61	52.5	9.88

تم زيادة الغزارة لتصبح بمعدل 25 $m^3/m^2.h$، تم تسجيل الغزارة الخارجة من الفلتر كل عشر دقائق بالإضافة إلى أخذ عينة من المياه الخارجة من الفلتر لإجراء التحاليل المخبرية عليها، لوحظ تقارب في قيم المؤشرات الداخلة والخارجة من الفلتر وذلك بسبب خلخلة حبيبات الرمل وعدم قدرة المواد العالقة على الالتصاق بحبيبات الرمل لذلك تم توقيف الفلتر بعد 60 دقيقة وإجراء عملية غسيل عكسي، ، تم تمثيل نتائج دورة الترشيح الثانية بيانياً كما هو موضح في الشكل (10)، حيث يبين العلاقة بين تغير تراكيز مؤشرات العكارة، TSS، COD عبر الزمن، وفي الشكل (11) تم تمثيل تغيرات مؤشر الضغط والغزارة الخارجة من الفلتر عبر الزمن في دورة الترشيح الثالثة.

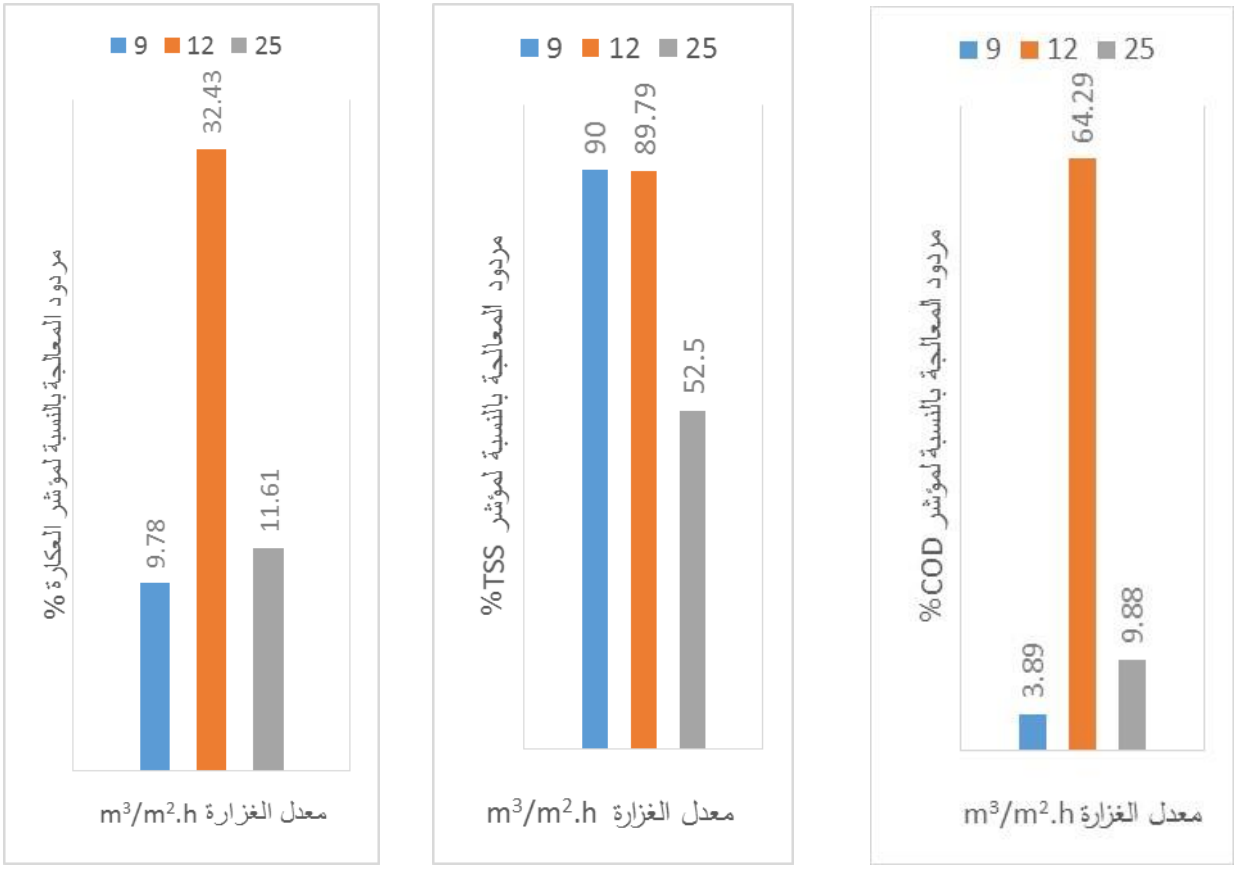


الشكل (10) نتائج دورة الترشيح الثالثة



الشكل (11) قيم الضغط والغزارة الخارجة من الفلتر في دورة الترشيح الثالثة

تم تمثيل نتائج دورات الترشيح بيانياً كما هو موضح في الشكل (12)، حيث يبين مردود المعالجة لمؤشرات العكارة، COD، TSS، عند مختلف الغزارات بارتفاع حشوة 1.4 m كما يلي:



الشكل (11) مردود المعالجة للمؤشرات عند مختلف الغزارات %

دلت النتائج السابقة أن مردود المعالجة لإزالة الTSS عند استخدام الرمل وقشور الفستق كحشوة ترشيح هو 52.5-89.79-90% عند معدلات الترشيح على التوالي $m^3/m^2.h$ 25-12-9، ومردود المعالجة بالنسبة للعكارة هو 11.61-32.43-9.78 % عند معدلات الترشيح $m^3/m^2.h$ 25-12-9 على التوالي، ومردود المعالجة بالنسبة لـ COD هو 9.88-64.29-3.89% عند معدلات الترشيح $m^3/m^2.h$ 25-12-9 على التوالي، حيث يلعب معدل الترشيح مع ارتفاع الحشوة دوراً أساسياً في كفاءة المعالجة.

من خلال قراءة المخططات البيانية السابقة، تبين أن استخدام حشوتي ترشيح من الرمل وقشور الفستق الحلبي يزيد من كفاءة الترشيح الثلاثي لمياه الصرف المعالجة ثانوياً باستخدام برك الأكسدة الطبيعية في محطة معالجة سلمية، حيث تم التوصل إلى أن دورة الترشيح الأمثل هي الدورة الثانية عند معدل الترشيح 12 $m^3/m^2.h$ حيث أمكن الحصول على مياه راشحة تحقق المقاييس العربية السورية لجودة المياه لأغراض الري غير المقيد والأغراض الترفيهية م.ق.س.2008/2752.

استناداً إلى الخلاصة المرجعية تبين أن النتائج التي تم الحصول عليها ذات كفاءة ومردود أفضل مما توصل إليه الباحثين السابقين، وهذا يعود إلى نوعية المعالجة ونوعية المياه التي قمنا بإجراء التجارب عليها ضمن موصفات الفلتر وحشوة الترشيح الواردة في متن النص.

تم مقارنة مياه الصرف الصحي قبل وبعد عملية الفلترة كما هو موضح في الشكل (15)، وفي الشكل (16) تم إيراد العينات المأخوذة للمخبر لقياس المؤشرات، وفي الشكل (17) تم توضيح ورق الترشيح قبل وزن العينة لقياس مؤشر TSS، وفي الشكل (18) تم توضيح مياه الغسيل العكسي الخارجة من الفلتر التجريبي.

الشكل (15) مقارنة مياه الصرف قبل وبعد الفلترة

الشكل (16) العينات المأخوذة للمخبر لقياس المؤشرات

الشكل (17) ورق الترشيح قبل وزن العينة لقياس مؤشر الـ TSS

الشكل (18) مياه الغسيل العكسي الخارجة من الفلتر

8. الخلاصة:

من خلال الدراسة النظرية والتجريبية للمرشح التجريبي ذو حشوة ثنائية الطبقة (رمل-قشر فستق)، والذي يعمل بنظام الترشيح السريع بتدفق ثابت من الأعلى للأسفل ومما وجدنا سابقاً نجد أن الترشيح الثلاثي يلعب دوراً أساسياً في تحسين جودة مياه الصرف الصحي في محطات المعالجة التي تعمل بطرق التثبيت في برك الأكسدة الطبيعية، وذلك لإعادة استخدامها لأغراض الري والزراعة، حيث تمتاز هذه المرشحات بالمردود العالي، وبسهولة الاستثمار بالمقارنة مع الطريقة العامة التقليدية للترشيح التي تحتاج لمساحات أكبر من الأراضي ولمحطات معالجة ذات إنتاجية قليلة.

9. التوصيات والمقترحات.

بناءً على النتائج التي تم التوصل إليها يوصي الباحثون ويقترحون الآتي:

1. قبل اختيار الرمل لا بد من الانتباه لمواصفاتها من حيث تدرجها الحبي ومساميتها.
2. لا بد من تجفيف عينة قشور الفستق الحلبي في الفرن، لضمان عدم انحلال المادة العضوية إلى مياه الصرف الصحي المفلترة.
3. استخدام مثل هذه المرشحات في فلترة مياه الصرف الصحي بعد المعالجات الثانوية من أجل تحسين مواصفات المياه قبل الاستخدام أو الرمي في الأحواض المائية.
4. يمكن استخدام المياه المفلترة بالري للمحاصيل غير المقيدة بطرق الري الحديثة.
5. القيام بأبحاث على نماذج فلاتر مختلفة ومتباينة، حيث يمكن استخدام طبقة فلترة غير هذه الطبقة وبالتالي خصائص ومواصفات مختلفة للحشوة.
6. التجريب على مرشحات بالجريان الحر تحت الضغط الجوي.
7. ومن أجل أبحاث مستقبلية يمكن الأخذ بعين الاعتبار إزالة جزء من العوالق عن طريق معالجة كيميائية فيزيائية عن طريق الترسيب باستخدام الترويب قبل الفلترة.

10. References

1- الزعبي، حسين وآخرون (2014). استعمال مياه الصرف الصحي المعالجة في الزراعة. سوريا: منشورات وزراة الزراعة والإصلاح الزراعي-الهيئة العامة للبحوث العلمية والزراعية.

2- Ai-JADHAI, I. (2003). Pilot-Plant Study of the Tertiary Filtration of Wastewater Using Local Sand. J. King Salld Univ., Vo!. 16, Ellg. Sei, (1), pp. 83-96, Riyadh (1424/2003).

3- Ali, K. (2010). Parameters for Activating Dual Media Filterof Ultra-Speed Filtration.Syria: Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Engineering Sciences Series Vol. (32) No. (2) 2010.

4- Al-Shammari, S. B., Al-Khalaf, B., Al-Sharafi, F., and Shahalam, A. M. (2013). "Quality Assessment of Treated Wastewater in Kuwait and Possibility of Reuse It to Meet Growing Water Demand." Desalination and Water Treatment 51: 4497-505.

5- Chaichana, R., Dampin, N. (2016). Unialgal blooms of cyanobacteria in oxidation ponds of the King's Royally Initiated Laem Phak Bia Environmental Research and Development project, Thailand. EnvironmentAsia. 9: 150–157.

6- Ekha Yogafanny, Ayu Utami, Kristiati E.A., Wibiana W. Nandari. (2019). Rapid Lava Sand Filtration for Decentralized Produced Water Treatment System in Old Oil Well Wonocolo. INDONESIA: Journal of the Civil Engineering Forum, Vol. 5 No. 2.

7- HAMODA, M, A1-Ghusain, I, AL-Mutairi, N. (2004). Sand filtration of wastewater for tertiary treatment and water reuse. Department of Civil Engineering, Kuwait University, Desalination 164 203-211.

8- Hani, M. et al. (2018) 'Effect of Operational Conditions on Performance of Deep sand Filter in Turbidity Removal', Trends in Technical and Scientific Research, 2(5), pp. 555–597.

9- J. Illueca-Muñoza, J.A. Mendoza-Rocaa, A. Iborra-Clara, A. Bes-Piáa, V. Fajardo-Montañanab, F.J. Martínez-Franciscoc, I. Bernácer-Bonorac. (2008). Study of different alternatives of tertiary treatments for wastewater reclamation to optimize the water quality for irrigation reuse. Spain: Polytechnic University of Valencia, Camino de Vera s/n, 46071.

10- Matura Nimtima, Ratcha Chaichanaa, Timothy S. Woodb.(2020). Role of freshwater bryozoans in wastewater treatment ponds at Laem Phak Bia Environmental Research and Development Project site, Phetchaburi province, Kasetsart University, Bangkok 10900, Thailand.

11- MINTH, D. M, CHUBERT, S.A.(1951) Filtry Akkh I Rastshoty Promyvki Shkorrykh Filtrov, Moscow, 174p.

12- Orellana, M.C., Cancino, J.M., Wood, T.S., Chaichana, R. (2019). Feeding and fecal pellet production in Plumatella casmiana Oka, at Laem Phak Bia, Thailand. 18th International Bryozoology Association Conference. Technical University of Liberec. Liberec, Czech Republic, p. 55.

13- QASSIR.(2004) A- Water Supply. Tishreen University, Syria.

14- ROBECK, G. G, DOSTAL, K. A. & WOODWARD. R. L. Studies Of Modification In Water Filtration, Jour, AWWA, Vol. 56, N°2, 1963, 198-210P.

15- Saud B. Al-Shammari. (2018). Quality Evaluation of Tertiary Treatment Effluent in Jahra Sewage Plant, Environmental Health Departments, College of Health Science, The Public Authority for Applied Education and Training, P.O. Box 14281, Faiha 72853, Kuwait.

16- Zaharia, C. (2017) 'Decentralized wastewater treatment systems: Efficiency and its estimated impact against onsite natural water pollution status. A Romanian case study', Process Safety and Environmental Protection. Elsevier, 108, pp. 74–88.

17- ZAHID, W. (2003). Tertiary Filtration of Wastewater Using Local Sand. 1. King Saud Univ., Vol. 16, Eng. Sei. (1), pp. 23-36, Riyadh (1424/2003)

18- ZOUBOULIS, A., TRSKAS, G. (2007).Comparison of single and dual media filtration in a full scale drinking water treatment plant. Desalinationissn, Elsevier, Amsterdam, vol.213, No 1-3(347).