

## دراسة إمكانية استخدام تقنية المرشح الرملي الحيوي (البيولوجي) في معالجة مياه الصرف الصحي

### لري المساحات الخضراء

نادية حسين السباني

قسم الهندسة الكيميائية، كلية النفط والغاز، جامعة الزاوية، ليبيا

[n.alsbani@zu.edu.ly](mailto:n.alsbani@zu.edu.ly)\*

#### الملخص

المرشح الرملي الحيوي (BSF) تكنولوجيا صديقة للبيئة لأنها بسيطة وامنة وفعالة وقليلة التكاليف. فهي تتطلب القليل من الاشراف ولا تحتاج الي كهرباء أو وقود. والاهم، يمكن استخدامها في معالجة مياه الصرف الصحي للبيوت والمدارس وغيرها من المرافق العامة، فهي تعتبر كأحد الحلول المبتكرة لشح المياه، وإدارة الموارد المائية وحماية المياه الجوفية من التلوث بمياه الصرف الصحي. الهدف من هذا البحث هو دراسة إمكانية معالجة مياه الصرف الصحي من الاملاح الكلية الذائبة والأمونيا والكبريت والطلب على الاكسجين الكيميائي (COD) والطلب على الاكسجين الحيوي (BOD) وكذلك البكتيريا باستخدام المرشح الرملي الحيوي. حيث قورنت النتائج بعد المعالجة بالموصفات القياسية الليبية رقم (451) لاستخدام المياه المعالجة في ري المساحات الخضراء ومقارنتها أيضا بنتائج محطة المعالجة في مصفاة الزاوية. تم معالجة 40 لتر من المياه العادمة لشركة مصفاة الزاوية واستمرت المعالجة لمدة 36 يوم في نظام دفعي يتكون من وعاء بلاستيكي يحتوي على طبقات من الرمل والحصى بحجمين مختلفين حيث كان يعمل كمرشح للملوثات. كانت أفضل نسبة إزالة للأمونيا 96.9% في اليوم 21. كما تم تقليل تركيز الاملاح الكلية الذائبة من 3840 ملغرام/لتر للمياه الملوثة الي مستوى مقبول من اليوم الأول وكان أفضلها بعد اسبوع وهو 2054 ملغرام/لتر. بينما كانت أفضل نسبة إزالة لكل من COD و BOD هي 99.4 و 99.5% في اليوم 36 على التوالي. كما ازيلت البكتيريا بنسبة 83% عند نهاية فترة المعالجة. وبمقارنة النتائج مع المواصفات القياسية الليبية وجد ان كل التراكيز المتحصل عليها كانت ضمن المواصفات القياسية الليبية كما انها غالبا أفضل من نتائج محطة المعالجة بمصفاة الزاوية، ماعدا الكبريت الذي قد يحتاج الي زيادة كمية المواد المستخدمة كالرمل والحصى ومع ذلك تم تقليل تركيزه من 140 الي 2.7 ملغرام/لتر بنسبة إزالة 98% وهي أفضل بكثير من نتيجة محطة المعالجة في شركة مصفاة الزاوية والتي كانت 9 ملغرام/لتر بعد المعالجة. وخلصت النتائج الي ان هذا النظام فعال في معالجة مياه الصرف الصحي وإمكانية استخدام المياه المعالجة بهذه الطريقة في ري المساحات الخضراء.

**الكلمات الدالة:** مرشح الرمال الحيوي، معالجة مياه الصرف الصحي، المعالجة الطبيعية، استخدام المياه المعالجة في الري، شح المياه.

#### Abstract

Bio-sand filter (BSF) is an environmentally friendly technology that is used to treat polluted water such as sewage for homes, schools, and other public facilities. It is considered one of the innovative solutions to water scarcity. The aim of this research is to study the possibility of treating wastewater from dissolved total salts, ammonia, sulfur, chemical oxygen demand

(COD), biological oxygen demand (BOD), and getting rid of bacteria using bio-sand filter technology. The results were compared with the Libyan Standard Specification No. (451) for the use of treated water in irrigation of green spaces. It was also compared with the results of the treatment plant in Al-Zawiya Refinery for the year 2017. In this study, 40 liters of wastewater from the Al-Zawiya Refinery Company was treated, and the treatment continued for 36 days in a batch system the bio-filter reactor was a container made from plastic and it contains layers of sand and gravel from two different sizes. The results indicated that the best percentage of ammonia removal was on day 21 with an efficiency of 96.9%. The concentration of total dissolved salts was also reduced from 3840 mg/liter to an acceptable level on the first day, and it was the best after a week (2054 mg/liter). For COD and BOD, the best percentage removal was on day 36 by 99.4 and 99.5%, respectively. The percentage of bacteria removal was 83% at the end of the treatment period. The results obtained from this research were compared with the Libyan standard specifications and it was found that all the concentrations were within the specifications, and it was noted that most of the results were better than the results of the treatment plant at Al-Zawiya Refinery. Also, the sulfur was reduced from 140 to 2.7 mg/L with a 98% removal. These results indicated that the (BSF) is an effective technology to treat wastewater to use in irrigating green spaces.

**Keywords:** Bio-sand filter, wastewater treatment, natural treatment, use of treated water for irrigation.

## 1. المقدمة

يعتبر تلوث المياه أبرز أنواع التلوث الذي تعاني منه البيئة الليبية. فمثلا بلدية طرابلس المركز، أعلنت عدم صلاحية شواطئها للسباحة أو الصيد نتيجة لتلوثه بمياه الصرف الصحي، وذلك وفق نتائج لتحاليل عينات لمياه البحر [1] ويرجع ذلك لعدة مشاكل فنية وتقنية وتوقف عدد كبير من محطات المعالجة إلى أن بلغ عدد المحطات العاملة 14 محطة فقط من أصل 53 محطة تم تصميمها بناء على بيانات الشركة العامة للصرف الصحي لعام 2013. كما أشارت ثلاثة تقارير صادرة من ثلاث مختبرات تحليل مختلفة على أن المياه الجوفية التي يستخدمها سكان منطقة الأبيار، ملوثة بصورة كبيرة جدا وتشكل خطرا على الصحة، سواء تم استخدامها للشرب أو للاستحمام [2]. كما أنه ينتشر نوع من التلوث في مدينة الزاوية وهو التلوث البيولوجي في المياه الجوفية؛ بسبب الطريقة الغير آمنة في التخلص من مياه الصرف الصحي، حيث قام المهندسين الهادي شكل وخليفة الخنجاري بإجراء العديد من الاختبارات والتحليل للكشف عن تلوث المياه الجوفية في الابار بمنطقة الزاوية بمحاذاة ساحل البحر، واثبتوا تلوث هذه الابار وعدم صلاحيتها للشرب [3].

كذلك الجفاف وزيادة الطلب على المياه جعل العالم يهتم بإعادة تدوير مياه الصرف الصحي، مما يجعلها مصدر مهم يمكن أن يساعد في تجنب الأزمات [4]. فيمكن إعادة استخدامها في المجالات الصناعية والترفيهية والبيئية، وري الحدائق، ساحات المدارس، وملاعب الغولف، واطفاء الحرائق [5]. تأتي الزراعة وري المساحات الخضراء من أولويات هذه الاستخدامات لاحتواء هذه المياه على العناصر الضرورية للنبات وبالتالي التقليل من تكلفة التسميد أو إضافة مواد كيميائية أخرى من أجل زيادة إنتاجية الأراضي المروية [6]. على المستوى العالمي، الدول المتقدمة وحتى التي لديها وفرة من المياه الصالحة للري والزراعة تهتم بإعادة تدوير المياه واستخدامها. ففي مدينة فلوريدا بالولايات المتحدة والتي تعتبر من اغنى

الولايات مائيا ومع ذلك فإنه في حدود 50 % من المياه المعالجة في الأولوية يتم إعادة استعمالها كنوع من أنواع الحماية للموارد المائية. وفي كندا نجحت مدينة مينة فيرتون في إعادة استعمال مياه الصرف الصحي المعالجة بما نسبته 100 % وتستعمل نسبة كبيرة منها في أعمال ري المساحات الخضراء؛ كذلك الأمر في اليابان يتم إعادة استعمال ما يعادل 27 % من المياه المعالجة في أعمال تتعلق بالزراعة وري المساحات الخضراء [7]. وعلى المستوى العربي نجد في سوريا يتم ري ما مقداره 37000 هكتار من المساحة المروية من مياه صرف صحي تم معالجتها [8]. ويشير تقرير منظمة الأغذية والزراعة الفاو من خلال الدراسة التي تم إجراؤها في لبنان والسودان نجاح استعمال هذه المياه في الري وكذلك حماية الأراضي من التدهور نتيجة لاحتوائها على المواد العضوية المغذية وبالتالي عدم إجهاد التربة بصورة كبيرة [9] [10].

يعتبر مرشح الرمل الحيوي (BSF) نظام لمعالجة المياه خاصة للمجتمعات النامية والريفية، نظرًا لتكلفته المنخفضة والتشغيل البسيط ومكوناته القليلة وعدم استخدامه للمواد الكيميائية [11]. يتم استخدام مرشح الرمل على نطاق واسع في معالجة المياه، وخاصة في المملكة المتحدة. أيضا في لندن 80 % من المياه العادمة تتم معالجتها عن طريق الترشيح بالرمال ويتم إزالة حوالي 30% من اللون الطبيعي في الماء بنجاح وأيضًا إزالة أكثر من 90% من بكتريا القولون الكلية في الماء [12]. حيث أن الترشيح البطيء للرمال يمكن أن يكون وسيلة فعالة لإزالة جيارديا لامبيا، طفيلي معوي، من مصادر المياه وكذلك الطحالب، والبكتيريا، والفيروسات، وبيض الطفيليات [13]. تعتمد المرشحات على العمليات الطبيعية لإزالة الملوثات العضوية والأوساخ من الماء، حيث يتم إزالة الترسبات من خلال عمليات التعلق بمجرد ملاسة الجسيم للحبوب الرملية. أيضا آلية ارتباط أخرى أقوى هي لصق الجسيمات بطبقة "schmutzdecke" أو "غشاء الأوساخ" والتي تسمى أيضًا الطبقة الحيوية (bio layer) التي تتشكل من المادة العضوية التي تستقر على سطح المرشح [14]. الطبقة تعمل عن طريق الاصطيايد الميكانيكي، الافتراس، الامتزاز والموت الطبيعي. عندما يتدفق الماء عبر الفلتر، تقوم الطبقة العليا من الرمال بفتح المواد العضوية والكائنات الحية الدقيقة. بعد محاصرتها، وتتطور إلى سلسلة غذائية نشطة ومعقدة بشكل مكثف، وتستهلك الكائنات الأخرى المسببة للأمراض. يتم محاصرة مسببات الأمراض التي تنجو من هذه العملية بين حبيبات الرمل الصغيرة أو التي تعلق على الرمال. أي مسببات الأمراض المتبقية المتحركة عبر الرمال تموت موتًا طبيعيًا بسبب نقص الغذاء والأكسجين [15]. ونتيجة لما تتميز به هذه التقنية من سهولة الاستخدام وتوفير موادها وعدم استخدامها لأي مواد كيميائية تم في هذا البحث دراسة واختبار كفاءة مرشح الرمل الحيوي في معالجة مياه الصرف الصحي لمحطة تجميع المياه العادمة التابعة لشركة الزاوية لتكرير النفط لاستعمالها في ري المساحات الخضراء.

## 2. الطريقة والمواد المستخدمة

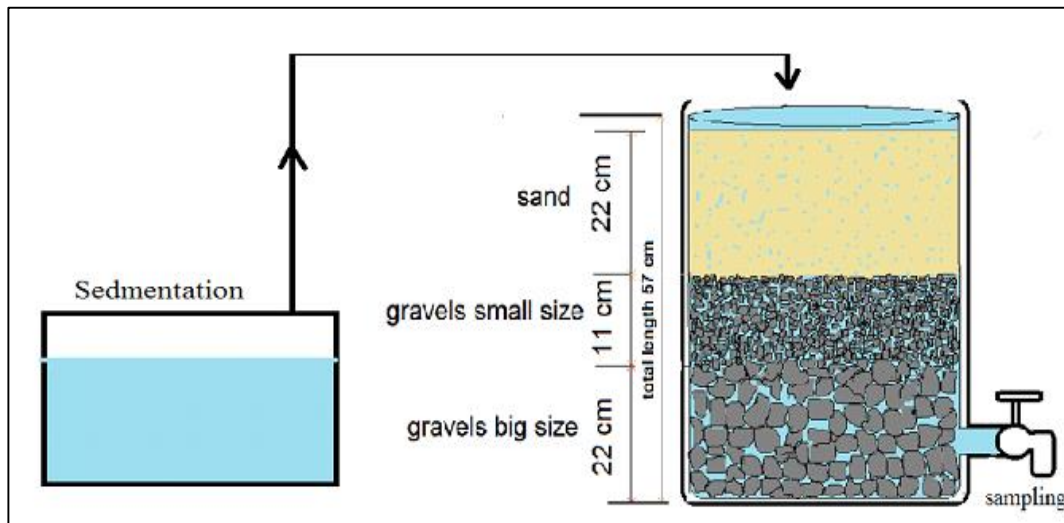
مرشح الرمل الحيوي (BSF) هو جهاز بسيط لمعالجة المياه ويمكن أن ينتج محليا في أي مكان في العالم لأنه يتم بنائه بالمواد التي تتوافر بسهولة. حيث تم تصميم المفاعل الحيوي في معمل كلية هندسة النفط والغاز بجامعة الزاوية وذلك باستخدام المواد الموضحة بالشكل (1) وهي الرمل والحصى بحجمين مختلفين وبرميل من البلاستيك:



الشكل 1: المواد المستخدمة في تصميم المفاعل الحيوي

### 2.1 تصميم المفاعل الحيوي

تصمم المرشحات غالباً من حاوية إسمنتية أو بلاستيكية. وفي هذه الدراسة استخدمت حاوية بلاستيكية ذات حجم 80 لتر وارتفاع 57 سم كما في الشكل (2) التوضيحي لتصميم المفاعل الذي ملئ بطبقات من الحجارة، الكبيرة والصغيرة (بعد غسلها وتنظيفها جيداً من الغبار العالقة بهما) والرمل بنسبة 2:1:2 على التوالي من أسفل للأعلى وفقاً لدراسة سابقة [16]. الطبقة الأولى تتكون من الحجارة ذات الحجم الكبير ذات أقطار تتراوح بين (10-15 ملم) بارتفاع 22 سم، تليها طبقة من الحجارة الصغيرة الحجم بقطر (أقل من 5 ملم) بارتفاع 11 سم، ومن ثم طبقة من الرمل بارتفاع 22 سم. كما تم تثبيت صنوبر أسفل الحاوية البلاستيكية لأخذ العينات على ارتفاع حوالي 12 سم من القاع حتى نتجنب انسداد الأنابيب بسبب المواد الصلبة المترسبة خلال عملية التشغيل.



الشكل (2): رسم مقطعي توضيحي للتصميم الداخلي للمرشح الحيوي.

## 2.2 تشغيل المفاعل الحيوي

تم تشغيل المفاعل في حرارة الغرفة والضغط الجوي حيث كان المفاعل معرض للهواء الجوي في المعمل. عملية تشغيل المرشح سهلة وبسيطة جدا حيث كان نظام التشغيل هو النظام الدفعي. بعد ملئ المفاعل بالمواد السابقة الذكر تم سكب 40 لتر من المياه العادمة الملوثة داخل المرشح والتي أخذت من محطة تجميع المياه العادمة التابعة لشركة الزاوية لتكرير النفط حيث ينتقل الماء ببطء من خلال طبقة الرمل والحجارة. وفي قاعدة المرشح تم اخذ العينات بعد الترشح في يوم 1, 7, 21 و 36 من خلال الصنبور. كما تم اخذ عينات من المحطة قبل المعالجة لتحليلها في معامل شركة مصفاة الزاوية لتكرير النفط. تم ضبط ارتفاع المياه العادمة في المفاعل بحيث يكون الجزء العلوي جافا ومعرضا للهواء الجوي ليتخلل هذا الاخير داخل الرمال لتوفير الاكسجين اللازم لنمو البكتيريا الهوائية ليمسح للغشاء الحيوي بالتكون وهو ما يميز هذا المفاعل عن غيره من المفاعلات الأخرى (3).

## 3.2 طرق جمع العينات

تم أخذت العينة المراد معالجتها من مجمع المياه العادمة (حوض الترسيب) بالقرب من محطة المعالجة بشركة الزاوية لتكرير النفط بتاريخ 20-7-2019، في قارورتين بلاستيكتين معقمتين بسعة 20 لتر وتم تعبئتها بواسطة أداة مخصصة لهذا الغرض بمعدل 40 لتر للمفاعل وتم نقلها الي كلية هندسة النفط والغاز حيث يوجد المفاعل الحيوي لمعالجتها. كما تم اخذ عينات لدراستها قبل المعالجة لمعرفة الملوثات الموجودة فيها وتراكيزها لمقارنتها بنتائج تحليل العينات بعد معالجتها بمرشح الرمال الحيوي.

تم أخذ عينات المياه المعالجة من المفاعل على مدار 36 يوم المتواجد عند درجة حرارة الغرفة التي تتراوح بين 23 و 26 درجة مئوية في عبوات بلاستيكية محكمة الإغلاق مع الأخذ في الاعتبار التدابير الوقائية للحفاظ على صحة الباحثين والحيولة دون تعرض العينة للتلوث بالبكتيريا من البيئة بارتداء القفازات وتعقيم اليدين قبل وبعد اخذ العينات. كما تم مراعاة أن تكون فترات نقل العينات قصيرة الزمن، مع عدم تعرض العينات لأشعة الشمس المباشرة. إجراء التحاليل كان يتم في غضون 30 دقيقة من وقت أخذ العينات وإجراء كافة التحاليل اللازمة في مده لا تتجاوز 6 ساعات كحد أقصى، استنادا على جدول التحاليل المستخدمة في شركة الزاوية حيث تم اجراء هذه التحاليل في معاملها.

## 4.2 الاختبارات والأجهزة المستخدمة

كافة التحاليل الكيميائية والفيزيائية تم قياسها في مختبرات شركة الزاوية لتكرير النفط (قسم البيئة). الأس الهيدروجيني تم قياسه باستخدام جهاز (PH Meter) Nomenclature والتوصيل الكهربائي للعينات بواسطة استخدام جهاز conductivity. اما الأمونيا والنترات والكبريتيد فقد تم قياسهم بواسطة جهاز DR6000. بينما تم استخدام كل من جهاز Lange LT200 وجهاز DR6000 لقياس الطلب على الاكسجين الكيميائي (COD) في العينات. الطلب على الاكسجين الحيوي (BOD) تم باستخدام (Lovibond Device). بينما تم إجراء التحاليل البيولوجية على عينة المياه الأولية قبل المعالجة، وأيضا تم أخذ عينات من المرشح الحيوي في نهاية فترة المعالجة (يوم 36) وذلك بمختبرات مركز البحوث الطبية



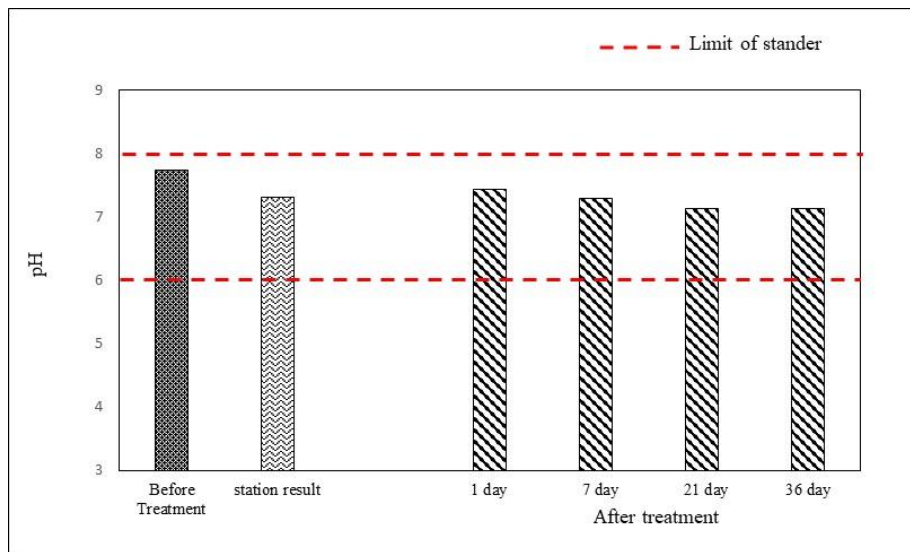
في مدينة الزاوية. تم اخذ عينات من مجمع المياه العادمة ومن المرشح الحيوي مباشرة بعد تعقيم الماسورتين ووضع العينات في كيس معقم خاص بشرط ألا يتجاوز مدة اخذ العينة 5 ساعات وذلك نظرا لان البكتريا لا تعيش لفترة طويلة. يستخدم الوسط TC (الوسط الذي يتم فيه تحليل البكتريا) حيث توضع فيه كمية معلومة من العينة ثم يوضع في الحاضنة (Incubator) في درجة 36 درجة مئوية لمدة 48 ساعة. وبعد 48 ساعة يتم استعمال جهاز (colony counter) لحساب عدد المستعمرات البكتيرية المتواجدة في العينة.

### 3. النتائج والمناقشة

#### 1.3 التحليل الفيزيائية

##### 1.1.3 الرقم الهيدروجيني (PH)

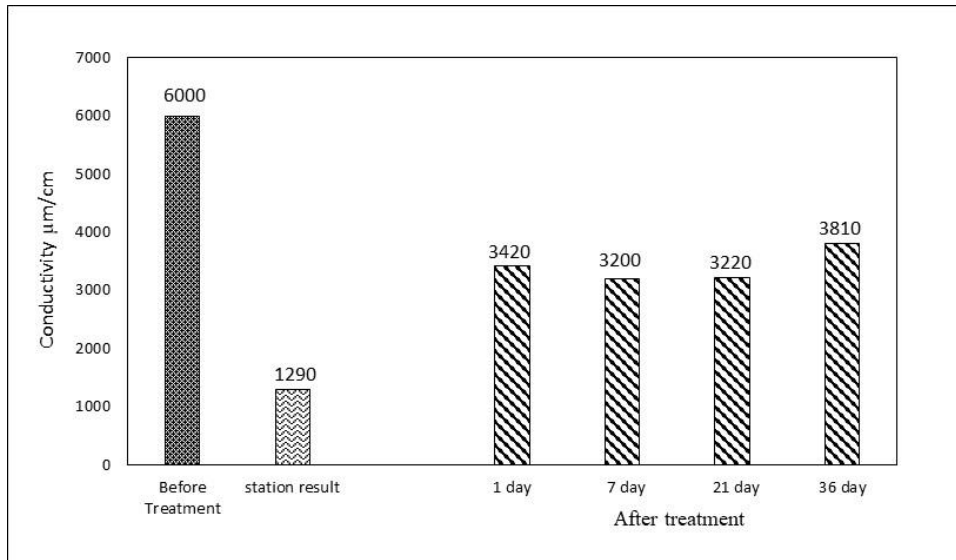
تم قياس ومراقبة الرقم الهيدروجيني للمياه المعالجة طوال فترة الدراسة وذلك لما له من أهمية للنباتات وكذلك لشبكة التوصيل. حيث انه من المتعارف عليه ان انخفاض الرقم الهيدروجيني عن 6 إلى حدوث تآكل في المواسير المعدنية أو أي معدن على اتصال بالماء نتيجة لحمضيته وزيادة الرقم الهيدروجيني عن 8 يشير لوجود كمية كافية من القلوية في الماء يؤدي إلى حدوث تقشر في المواسير " شبكة التوزيع والنقل " في حال اعادة استخدام المياه لأي من الأغراض بعد المعالجة. كانت قيمة PH لعينة المياه العادمة قبل معالجتها وتمريها على المرشح الرملي هي 7.73، وبعد المعالجة تناقص الرقم الهيدروجيني وأصبحت أكثر اقترابا من التعادل وهو 7 حيث وصلت الي 7.13 وكانت في يوم 21 واليوم 36 على التوالي كما بالشكل (3). ووجد من النتائج أن جميع العينات كانت ضمن الحد المسموح به في المواصفات القياسية الليبية رقم (451) للمياه المعالجة المستخدمة لأغراض الري وهي (من 8.5 الي 6). كما ان نتائج محطة المعالجة لشركة الزاوية لتكرير النفط وهي (7.3) كانت ضمن المدي المسموح به.



الشكل (3): نتائج دراسة الرقم الهيدروجيني.

### 2.1.3 الموصلية الكهربائية (Conductivity)

من خلال النتائج المتحصل عليها والموضحة في الشكل (4) وجد ان العينة قبل المعالجة ذات موصلية كهربائية عالية تصل الي 6000 ميكروموز/سم، ويعزي ذلك الي كثرة المواد الصلبة الذائبة (TDS) في المياه العادمة كما سنري في النتائج التالية. بعد معالجة المياه العادمة بواسطة مرشح الرمال قلت الموصلية وأصبحت تتراوح بين 3200 و3810 ميكروموز/سم. بينما كانت نتيجة المتحصل عليها بعد عملية المعالجة من قبل محطة المعالجة لسنة 2017 هي 1290 ميكروموز/سم. وللعلم فانه لا يوجد حد معين لهذه الخاصية ضمن المواصفة القياسية الليبية رقم (451) للمياه المعالجة المستخدمة لأغراض الري.

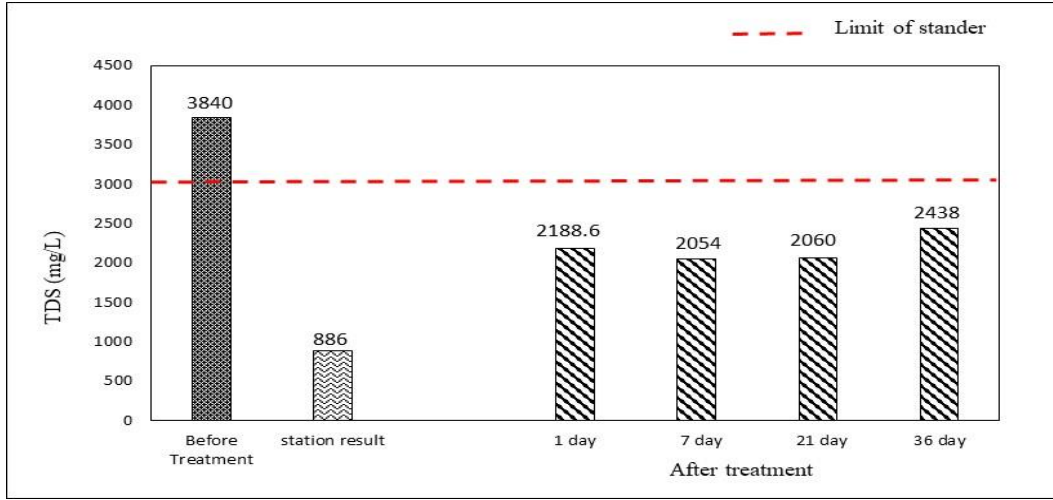


الشكل (4): نتائج دراسة التوصيل الكهربائي.

### 2.3 التحاليل الكيميائية

#### 1.2.3 المواد الصلبة الذائبة (TDS)

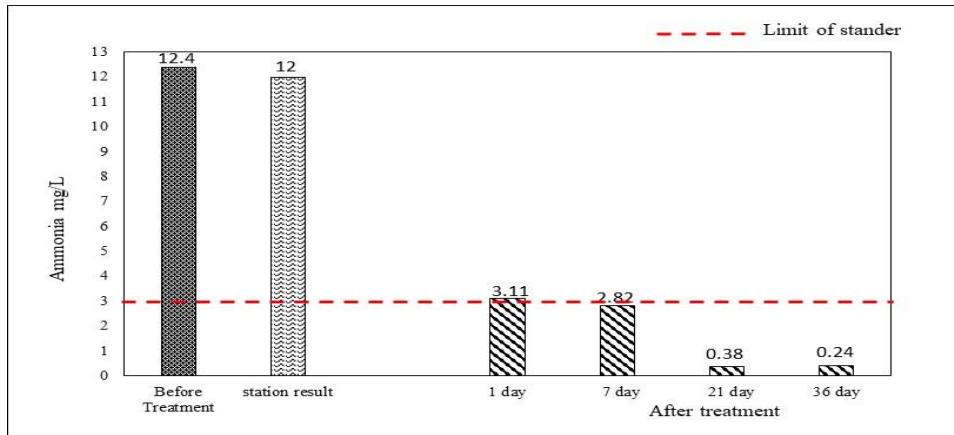
لأهمية تحديد الكمية الإجمالية للمواد الصلبة الذائبة في الماء كدليل على مدى ملوحة وصلاحية الماء للاستعمال من عدمه سواء في الاستعمالات المنزلية أو الصناعية وكذلك الزراعية، فقد تم قياس تركيز المواد الصلبة الذائبة لجميع العينات خلال فترة المعالجة ومقارنة النتائج بالمواصفات الليبية القياسية كما هو موضح في الشكل (5). من النتائج وجد ان قيمة (TDS) في العينة قبل المعالجة كانت حوالي 3840 ملغرام/لتر وهي قيمة أعلي من الحد المسموح به في المواصفات القياسية وهي 3000 ملغرام/لتر. النتائج بينت ان استخدام مرشح الرمال كان فعالا في معالجة المياه العادمة من اليوم الاول. فقد كانت النتائج يوم 1, 7, 21 و36 هي 2060, 2054, 2188.6 و2438 ملغرام/لتر بنسب معالجة 43, 46.5, 46.3 و36.5% على التوالي. كما أن نتيجة محطة المعالجة لسنة 2017 كانت هي الأخرى في المدى المسموح به وهي 886 ملغرام/لتر.



الشكل (5): نتائج دراسة المواد الصلبة الذائبة.

### 2.2.3 الأمونيا (Ammonia)

من خلال قراءة النتائج العملية والموضحة في الشكل (6)، نجد أن نتائج المعالجة للأمونيا المتحصل عليها من محطة المعالجة لشركة تكرير النفط بالزاوية لسنة 2017 هي 12 ملغرام/لتر كانت اعلي من الحد المسموح في المواصفات القياسية الليبية (451) وهو 5 ملغرام/لتر. بينما باستخدام تقنية الترشيح بالرمال وجدنا ان تركيز الامونيا أصبح في المدى المسموح به من اول يوم واعطي نتائج هائلة في معالجة المياه العادمة من الامونيا وكان التركيز يقل مع زيادة فترة المعالجة وهذا قد يرجع لاستهلاك البكتيريا للأمونيا وتناقصها مع الوقت هو تأكيد على تكاثر البكتيريا وتزايدها مع الوقت لان الكائنات الدقيقة تحتاج لمصادر للكربون والمركبات الغير العضوية لتكوين المكونات الخلوية. كانت النتائج للعينات في يوم 1, 7, 21 و36 هي 3.11, 2.82, 0.38 و0.42 ملغرام/لتر بنسب معالجة 74.9، 77.2، 96.9 و96.6% على التوالي حيث كان تركيز الامونيا قبل المعالجة 12.4 ملغرام/سم. حيث كانت أفضل معالجة للعيينة هي في اليوم 21 بتركيز 0.38 ملغرام/لتر لمرشح الرمال.

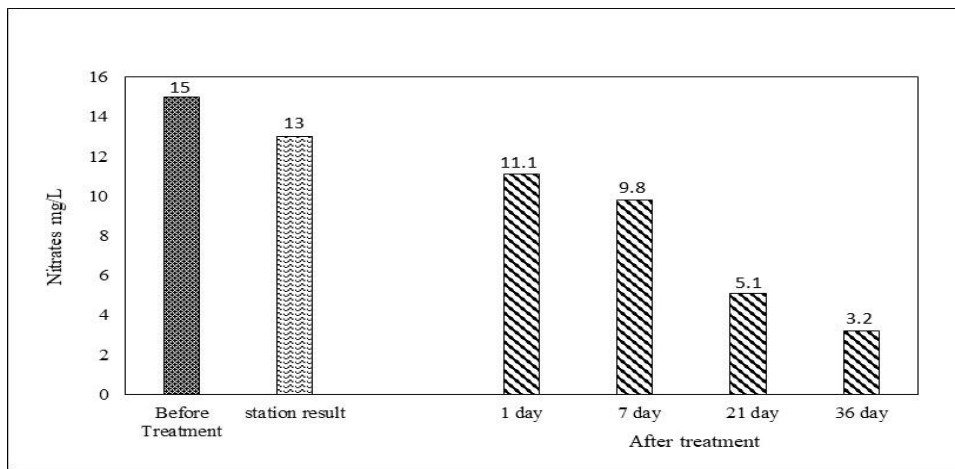


الشكل (6): نتائج دراسة تركيز الامونيا الأمونيا.



### 3.2.3 النتريتات

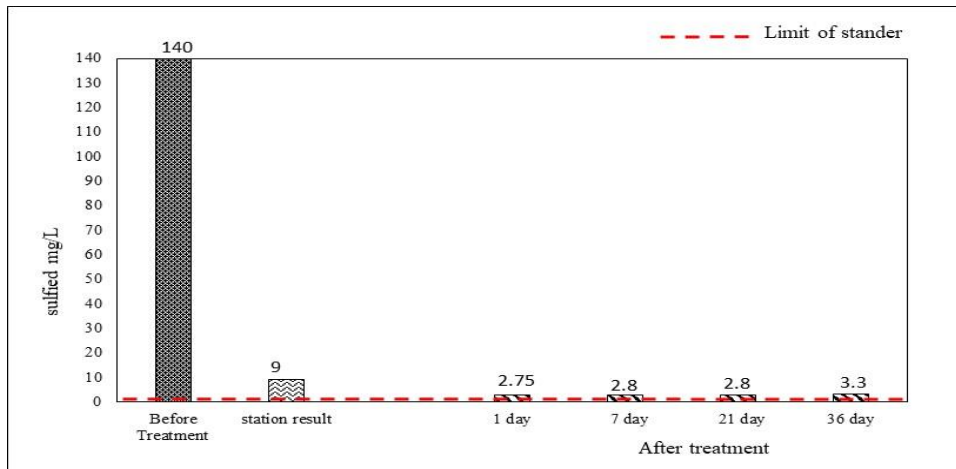
تركيز النتريتات في المياه الملوثة كان منخفضا جدا من قبل ان يتم معالجته ولكن استمرينا في قراءة التركيز لنري مدى تأثير هذه التكنولوجيا في زيادة او نقصان النتريتات لأنه أحد العناصر الملوثة للمياه العادمة. النتائج المتحصل عليها خلال فترة الدراسة لم تمثل لنا أي عائق لأنها كانت جميعها ضمن الحد المسموح به في المواصفات القياسية الليبية (451) للمياه المعالجة المستخدمة لأغراض الري وهو 130 ملغرام/لتر كما بالشكل (7). قيمة نتائج المعالجة للنتريتات المتحصل عليها لسنة 2017 لمحطة المعالجة لا تتجاوز 13 ملغرام/لتر، والتركيز المتحصل عليها من العينات بعد المعالجة بمرشح الرمال الحيوي كانت تتراوح بين 11.1 الي 3.2 ملغرام/لتر وجميعها في المدى المسموح به.



الشكل (7): نتائج دراسة تركيز النتريتات.

### 4.2.3 الكبريتيد

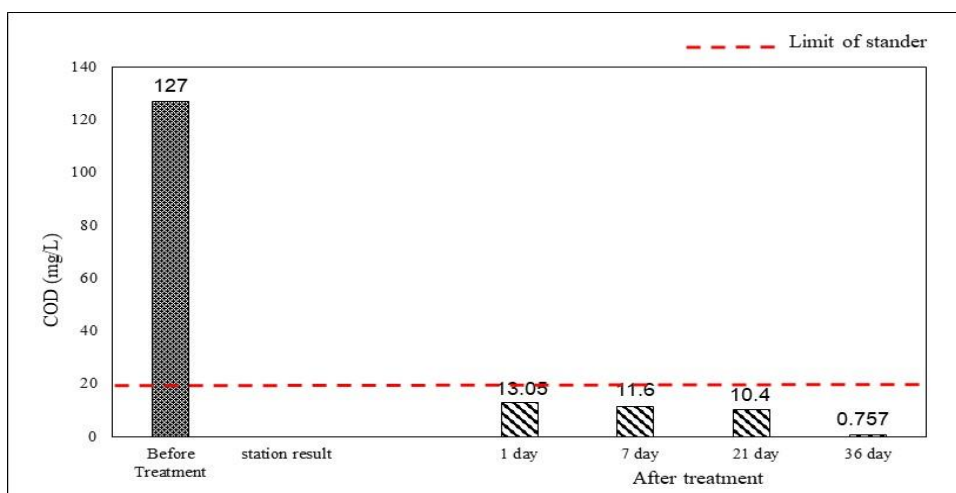
تشير نتائج تحليل العينات المتحصل عليها لتحليل الكبريتيد والمبينة في الشكل (8)، على ان عينة المياه العادمة قبل المعالجة كانت 140 ملغرام/لتر وهو تركيز مرتفعا جدا عن الحد المسموح به للمواصفات القياسية الليبية (451) للمياه المعالجة المستخدمة لأغراض الري الذي لا يتجاوز 1 ملغرام/لتر. بعد عملية المعالجة تراوح تركيز الكبريتيد ما بين 3.3 و2.75 ملغرام/لتر. هذه القيمة، رغم انها لم تصل الي الحد المسموح به بالنسبة للمواصفات القياسية الليبية (451) للمياه المعالجة المستخدمة لأغراض الري الذي لا يتجاوز 1 ملغرام/لتر الا ان تركيز الكبريتيد انخفض بشكل كبير جدا بنسبة إزالة وصلت الي 98% من اليوم الاول. ونعتقد انه من الممكن الوصول الي التركيز المطلوب من خلال زيادة المواد المستخدمة من رمل وحصي داخل المفاعل الحيوي حيث نوصي بذلك للراغبين في متابعة هذه الدراسة. النتائج المتحصل عليها كانت الافضل مقارنة بقيمة النتائج المتحصل عليها في سنة 2017 لمحطة المعالجة التي تبلغ 9 ملغرام/لتر متجاوز المواصفات القياسية الليبية.



الشكل (8): يوضح قيم الكبريتيد للعينات المدروسة قبل وبعد عملية المعالجة.

### 5.2.3 الطلب الكيميائي للأوكسجين (COD)

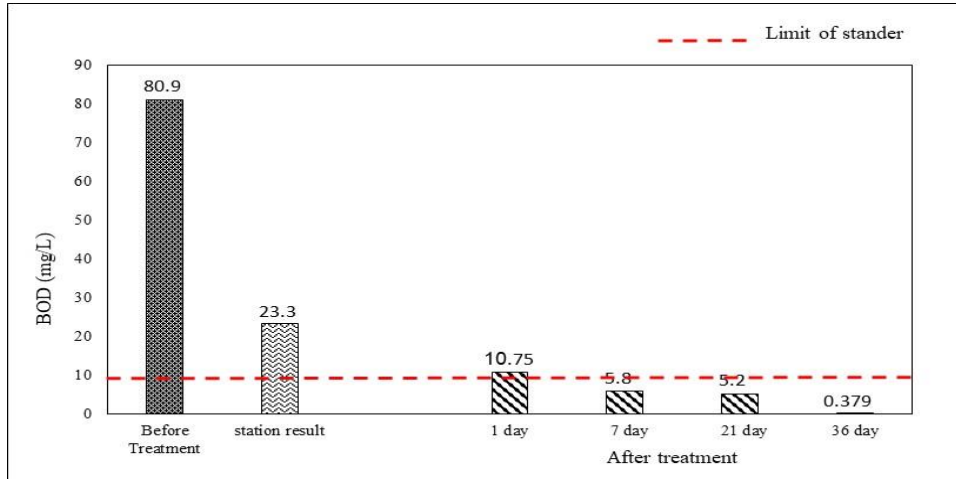
بالنسبة للطلب الكيميائي للأوكسجين، تشير النتائج إلى الانخفاض الملحوظ من بداية عملية المعالجة وكان التركيز يقل مع زيادة فترة المعالجة كما هو مبين في الشكل (9). التركيز المسموح به في المواصفات القياسية لليبية 20 ملغرام/لتر، بينما كان التركيز في عينة المياه قبل المعالجة 127 ملغرام/لتر وهي قيمة مرتفعة جدا عن الحد المطلوب وتدل على تلوث المياه العادمة. المعالجة باستخدام مرشح الرمال الحيوي كانت ممتازة منذ اليوم الاول فقد كانت النتائج 13.05, 11.6, 10.4 و 0.757 ملغرام/لتر في اليوم 1, 7, 14 و 36 علي التوالي وجميعها اقل من الحد الأدنى المسموح به حيث كانت افضل معالجة له في اليوم 36 اي في نهاية المعالجة وبنسبة ازالة 99.4%. ان التحلل الميكروبي مسؤول وبشكل كبير علي ازالة COD من مياه الصرف الصحي حيث يوفر الحصي والرمل بيئة جيدة للالتصاق والنمو فوقها [17].



الشكل (9): يوضح قيم الطلب الكيميائي للأوكسجين للعينات المدروسة قبل وبعد عملية المعالجة.

### 6.2.3 الأكسجين الممتص حيويًا (BOD)

تم أخذ عينات واختبارها طوال فترة الدراسة لمعرفة مقدار الأكسجين المستهلك في العينة كدلالة علي وجود كمية المكونات المتحللة حيويًا. المواصفات القياسية الليبية المسموح بها لهذا التحليل لا تتجاوز 10 ملغرام/لتر، حيث أن زيادته عن هذا الحد تشير للتلوث من مصادر بيئية أو صناعية للمياه، وبعد المعالجة يعتبر كدلالة على قلة فعالية المحطة والمعالجة البيولوجية. القيمة الأولية المتحصل عليها للعينة قبل المعالجة كانت عالية حيث بلغت 80.9 ملغرام/لتر. بعد المعالجة تم ملاحظة انخفاض كبير في تركيز BOD بواسطة المرشح الرملي الحيوي حيث أصبحت 10.75 ملغرام/لتر وهي اعلي من الحد المطلوب بكمية ضئيلة جدا. اما باقي النتائج علي التوالي فكانت 5.8, 5.2, 0.379 ملغرام/لتر للأيام 7, 14 و36 كما هو مبين في الشكل (10). نلاحظ ان تركيز BOD يقل كلما زادت مدة المعالجة حيث وصلت نسبة الازالة في اخر يوم من المعالجة الي 99.5%، وكانت هذه التراكيز مثالية وضمن المواصفات القياسية الليبية المطلوبة لمياه الري مما يدل على الفعالية العالية لمرشح الرمال الحيوي.



الشكل (10): يوضح نتائج الأكسجين الممتص حيويًا للعينات المدروسة قبل وبعد عملية المعالجة.

### 3.3 التحاليل البيولوجية

تم إجراء التحليل البيولوجي للعينات لدراسة وجود أي تلوث بكتيري بها. إذ انه من الطبيعي تواجد أنواع مختلفة وكثيرة من البكتيريا في المياه المستخدمة قيد الدراسة المستجلبه من محطة معالجة المياه في شركة الزاوية لتكرير النفط نتيجة لتنوع مصادر قدومها كاستخدام منزلي بأنواعه (المياه السوداء والرمادية، والمياه الصناعية) المستخدمة من قبل مصفاة الزاوية. النتائج الأولية المتحصل عليها من التحليل البيولوجي لعينة المياه مباشرة من المحطة قبل المعالجة كانت 1440 خلية/100مل، متجاوزة الحد المسموح به في المواصفات القياسية الليبية رقم (451) لإعادة استخدام مياه الصرف الصحي المعالج في الري وهو 1000 خلية/100مل. النتائج النهائية للتحاليل البيولوجية المأخوذة مباشرة من المرشح بعد نهاية فترة المعالجة أشارت لكفاءة مرشح الرمال الحيوي في إزالة البكتيريا الي اقل من الحد المسموح به بكثير حيث تتراوح تقديريا ما بين 230 الي 261 خلية/100 مل

#### 4. الخاتمة والتوصيات

تم اختبار كفاءة مرشح الرمال الحيوي لإزالة الملوثات لمعالجة مياه الصرف الصحي لمحطة التجميع التابعة لشركة الزاوية لتكرير النفط. تشير النتائج الي ان هذا النظام ذو كفاءة عالية في معالجة مياه الصرف الصحي لاستخدامها في ري المساحات الخضراء. حيث كانت التحاليل الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية في حدود المواصفة القياسية الليبية رقم (451) لإعادة استخدام المياه المعالجة في الري باستثناء الكبريتيد. كان الرقم الهيدروجيني والاملاح الكلية الذائبة 7.3 و2438 ملغم / لتر بعد المعالجة على التوالي. اما نسبة إزالة الاكسجين الكيميائي، والأكسجين البيولوجي، والأمونيا، والنترات، والكبريت 99.4، 99.5، 96.6، 78.6، 97.6% على التوالي، باستخدام هذا النظام في اليوم 36. يحتاج الكبريت إلى بعض التعديلات مثل زيادة مساحة المرشح وعدد المواد المستخدمة للوصول إلى التركيز المطلوب 1 مجم / لتر، حيث كان أفضل علاج تم التوصل إليه هو 2.75 ملغرام/لتر. ان توفر مواد هذه التكنولوجيا وما تحمله من ميزات من حيث كلفتها البسيطة وعدم استخدامها لأي مواد كيميائية تضر بالبيئة يجعلها طريقة واعدة وقابلة للتطبيق في جميع المرافق لحل مشكلة شح المياه وحماية المياه الجوفية من التلوث بمياه الصرف الصحي.

#### 5. المراجع

- [1] أسامة علي. تلوث مياه الآبار المنزلية ناقوس خطر على صحة المواطن. وحدة مختبر تحليل المياه في ديوان البلدية طرابلس. صحيفة الشمس الليبية. 2019.
- [2] ريم إبراهيم حميدان. سياسات إدارة الموارد المائية في ليبيا الواقع والتحديات والاستراتيجيات المستقبلية. المنظمة الليبية للسياسات والاستراتيجيات، 2017.
- [3] الهادي محمد شكل، خليفة الخنجاري. تلوث المياه الجوفية بمياه الصرف الصحي بمنطقة الزاوية الجديدة. التقنية التطبيقية للعلوم ليبيا. 2013. ص.46-51.
- [4] ماهر سليمان. تقييم مياه الصرف الصحي المعالج. منظمة الأغذية والزراعة للأمم المتحدة (FAO). 2016.
- [5] Water Source Quality in Northern and Central Tanzania: Implications for Rural Communities. *Journal of Environmental Protection*, 2013 4(5), pp. 389-404.
- [6] T. Subramani M. Mangaiyarkarasi C. Kathirvel. Impact of Sewage and Industrial Effluent on Soil Plant Health Act on Environment. *Journal of Engineering Research and Applications*, 2014, Vol. 4 pp.270-273.
- [7] U.S Environmental Protection Agency (EPA) 1992 Guideline for Water Reuse (Manual), USEPA, 2006
- [8] عمر عبد الجواد، تأثير استعمال المياه المعالجة في انتاجية بعض المحاصيل الزراعية، المجلة العربية للبيانات الجافة، المجلد الأول، العدد الثاني، ص 28-44، 2008.
- [9] منظمة الأغذية والزراعة (الفاو)، البرنامج الدولي للمياه والتنمية الزراعية المساندة، 1990.
- [10] Elham Bddour, Reuse of Wastewater Treatment in Agriculture in sudan state, sudan Engineering Society Journal, September, No47, page no 74 ,2006.
- [11] WEBER-SHIRK; MONROE, L. and DICK.I.R. Physical-chemical mechanisms in slow sand filters. *Journal of the American Water Works Association*, p 87-100. 1997.
- [12] Agunwamba, J. C: Water Engineering Systems, De-Adroit Innovation, pp. 71-109. 2000.

- [13] Barrett, D, Manual of Design for Slow Sand Filtration. Denver: AWWA Reserach Foundation and American Water Works Association. 1991.
- [14] Bourdon T. Estes Z, & Hauter E. Design and build a multimedia filtration system for sustainable water supply. *Engineering Senior Design Projects*, pp. 1-39. 2012.
- [15] A Canadian organization. Bio-sand Filter Manual. *Creative Commons Attribution Works*, 2009. p. 1-58.
- [16] Al-Sbani, N.; Abdullaha S.; Idris, M.; Abu Hasana, H.; Jehawi, M.; Ismail, N. Sub-surface flow system for PAHs removal in water using *Lepironia articulate* under greenhouse conditions. *Ecological Engineering*. 2016. 87,1-8.
- [17] P. Gikas, E. Ranieri, and G. Tchobanoglous, BTEX removal in pilot-scale horizontal subsurface flow constructed wetlands, *Desalination and Water Treatment* 51, 2013. pp. 3032-3039.