مجلة الدراسات التربوية والعلمية - كلية التربية - الجامعة العراقية
العدد السادس والعشرون - المجلد الثاني - علوم الحياة - تشرين أول 2025 م
doi.org/10.52866/esj.2025.02.26.04

تقييم كفاءة الراتنجات الصناعية ومرشحات الفحم والرمل في تغيير تراكيز عنصري البوتاسيوم والحديد في المياه العادمة لمستشفى الولادة في محافظة كركوك

صالح احمد اسماعيل العقيدي [أ] , موفق انهاب صالح [ب]
جامعة تكريت / كلية التربية للعلوم الصرفة - قسم علوم الحياة [أ،ب]
Email: mg230088ued@st.tu.edu.iq

مستخلص:

أُنجزت هذه الدراسة في محافظة كركوك لتقييم تراكيز عنصري البوتاسيوم والحديد في المياه العادمة المطروحة من مستشفى الولادة والأمراض النسائية والأطفال، تم جمع عينات شهرية من مياه المجاري خلال الفترة من حزيران إلى تشرين الثاني .2024 كما نُفّذت معالجة بيئية لإحدى عينات المياه العادمة بهدف تقييم مدى كفاءتها في تقليل التأثيرات البيئية الضارة، باستخدام الراتنجات الصناعية، ومرشحات الفحم النشط، والرمل. وقد استُخدم نوعان من الراتنجات: الأول، راتنج كاتيوني (Cation) من نوع التبادل الأيوني السالب ذي القاعدة القوية، والثاني، راتنج مدمج (Cation + Anion) يتكوّن من راتنجات تبادل أيوني موجبة حامضية قوية وراتنجات تبادل أيوني سالبة ذات قاعدة قوية. أظهرت النتائج أن تراكيز البوتاسيوم في مياه المستشفى العادمة تراوحت بين 8.410 و51.216 ملغ/ لتر، في حين تراوحت تراكيز الحديد بين 0.776 و5.654 ملغ/ لتر. وبالتحليل الاحصائي لم يُلاحظ تباين زمني ملحوظ في تراكيز البوتاسيوم خلال أشهر الدراسة، بينما أظهر الحديد تبايناً زمنياً واضحاً. ويُعزى هذا التباين إلى عدة عوامل، من أبرزها طبيعة الصرف الصحي، ودرجة المعالجة، والظروف المناخية مثل التبخر أو اختلاط مياه الأمطار بمياه المجاري خلال فصل الشتاء.

الكلمات المفتاحية: عناصر ثقيلة: بوتاسيوم، حديد ، راتنجات ، مياه معالجة.

Evaluation of the efficiency of synthetic resins and charcoal and sand filters in changing the concentrations of potassium and iron in the wastewater of a maternity hospital in Kirkuk Governorate

Salih Ahmed Ismail Al Aqeedi [A] , *Muafaq Anhab Saleh* [B]
Tikrit University / College of Education for Pure Sciences - Biology Department [A, B]

Abstract

This study was conducted in Kirkuk Governorate to evaluate the concentrations of potassium and iron in wastewater discharged from the Maternity, Gynecology, and Children's Hospital. Monthly wastewater samples were collected during the period from June to November 2024. An environmental treatment was carried out on one of the wastewater samples to evaluate its efficiency in reducing harmful environmental impacts, using synthetic resins, activated carbon filters, and sand. Two types of resins were used: the first, a strong-base cationic ion-exchange resin, and the second, a combined (Cation + Anion) resin consisting of strong-base cationic ion-exchange resins and strong-base cationic ion-exchange resins. The results showed that potassium concentrations in the hospital's wastewater ranged between 8.410 and 51.216 mg/L, while iron concentrations ranged between 0.776 and 5.654 mg/L. Statistical analysis revealed no significant temporal variation in potassium concentrations during the study months, while iron showed a clear temporal variation. This variation is attributed to several factors, most notably the nature of the wastewater, the degree of treatment, and climatic conditions such as evaporation or mixing of rainwater with sewage during the winter.

Keywords: Heavy elements: potassium, iron, resins, treated water.

المقدمة

إن التعرف على الخصائص النوعية للمياه له اهمية كبيرة لان هذه الخصائص (الفيزيائية، الكيميائية، والبيولوجية) تحدد نوعية المياه والمجال الذي يمكن ان يستفاد من هذه المياه، نوعية المياه تعتمد على عدة عوامل مترابطة ومتداخلة والتي تشمل المناخ والوضع الجيولوجي والطبوغرافي والهيدرولوجي في المنطقة [1].

إنّ الآثار المدمرة لتلوث المياه كبيرة، حيث تؤثر على حياة الإنسان وحياة الحيوان والنبات في نفس الوقت، وقد شهد العراقُ مؤخراً آثار تلوث المياه، مما أدى إلى تدمير وفرة من النباتات والعديد من الحيوانات، ويعد تلوث المياه من أكثر المشاكل الخطيرة التي تواجه حياة البشرية حاليًا [2].

مع النمو الكبير للاقتصاد والتطور السريع للتكنولوجيا الصناعية الحديثة، زادت المشاكل البيئية، حيث يعد تلوث المياه من المشاكل المعقدة التي تعاني منها معظم دول العالم وخاصة الدول النامية لاحتوائها على ملوثات مختلفة بعضها يمكن أن يتحلل كملوثات عضوية وبعضها يصعب تحللها، مثل المعادن الثقيلة السامة [3]. وتقنية معالجة مياه الصرف تعد من أسهل الحلول وأقلها تكلفة لسهولة تنفيذها، وأنها يمكن أن تنتج كميات كبيرة من المياه المعالجة والصالحة للاستخدام، ومن بين التقنيات الأكثر استخداماً في علاج مياه الصرف الصحي هي الامتزاز، تعتمد بشكل أساسي على المساحة السطحية للمواد المازة ووجود مجموعات وظيفية على سطحها تسهّل من ترابط جزيئات المادة الممتزة. لذا فالمواد النانومترية الحديثة لها دور فعال وحيوي في هذه العملية [4].

ومن المواد المتوفرة والرخيصة الثمن التي تلعب دور مهم في معالجة المياه العادمة هي الراتنجات. وتُعد تقنية التبادل الأيوني إحدى الاستراتيجيات الفعالة في تقليل التلوث بالأيونات المعدنية الثقيلة، حيث تعتمد هذه الطريقة على قدرة الراتنجات في إزالة الأيونات الملوثة من المياه [5]، [6].

يهدف هذا البحث إلى دراسة نوعية المياه العادمة، ومعالجتها باستخدام جهاز من تصميم الباحث يتكوّن من ثلاث مراحل ترشيح: الرمال، الفحم النشط، والراتنجات. تم اختبار كل مادة على حدة لمعرفة كفاءتها والنسبة المئوية التي تسهم بها في المعالجة، من خلال سلسلة تجارب متكررة حتى تم التوصّل إلى النِّسب المثلى. بعد ذلك، جرى دمج المواد في فلتر واحد متعدد الطبقات، وكان الهدف من هذا الدمج هو تسهيل العمل، تسريع عملية المعالجة، وتقليل المساحة المطلوبة. وقد أظهرت النتائج فعالية التصميم في تحسين نوعية المياه العادمة، مما يجعله مناسبًا للتطبيق في المنشآت الصحية [تصميم خاص].

الجزء العملي

وصف منطقة الدراسة والمواقع المختارة :

نفذت الدراسة الحالية في قسم علوم الحياة/ كلية التربية للعلوم الصرفة/ جامعة تكريت، لتقييم ومعالجة المياه العادمة الصادرة عن مستشفى الولادة والأمراض النسائية والأطفال في محافظة كركوك. شملت الدراسة أحواض تجميع المياه العادمة في المستشفى قبل تصريفها إلى نهر الخاصة، الذي يعتبر المصدر الرئيسي لجمع مياه الصرف الصحي في المحافظة. يستقبل هذا النهر مخلفات المنازل، والمصانع والمحلات الصناعية المجاورة، بالإضافة

إلى مياه الأمطار، مما يجعله نقطة تجمع رئيسية لمختلف أنواع المياه العادمة في المنطقة.

تصميم التجربة

جمع عينات المياه:

جمعت عينات المياه العادمة شهريًا من موقع الدراسة خلال الفترة الممتدة من حزيران إلى تشرين الثاني من عام 2024، بمعدل عينة واحدة شهرياً، وذلك في الفترة بين الساعة السابعة والتاسعة صباحاً. وشملت العينات المياه العادمة غير المعالجة من الخزان الرئيسي في مستشفى الولادة والأمراض النسائية والأطفال، باستخدام قناني بولي إيثيلين بسعة 500 مل، سبق غسلها بماء العينة لمرتين، وتم تخزين العينات بعيدًا عن الضوء والحرارة للحفاظ على خصائصها الفيزيائية والكيميائية، كما جرى ترشيحها من الجسيمات العالقة باستخدام ورق ترشيح خاص بقطر Φ9.0cm ، وذلك قبل إجراء التحاليل المختبرية (APHA, 1998) [7].

نُقلت العينات بعد ذلك إلى مختبر البحوث في كلية التربية للعلوم الصرفة / جامعة تكريت، قسم علوم الحياة، حيث أُجريت لها عملية الهضم، ثم وُضعت في علب بلاستيكية معقمة ومحكمة الإغلاق، وأُرسلت إلى جهاز المطياف الذري اللهبي (Atomic Absorption Spectrophotometer) لتحليل تراكيز العناصر النوعية.

طريقة هضم العينات :

تمت عملية هضم عينات المياه بإخذ (50) مل من كل نموذج بعد رج وعاء العينة جيداً، ثم يضاف اليه 3 مل من حامض النتريك المركز، يسخن المزيج على درجة حرارة (45-40) م° لمدة 15 دقيقة، يبرد المزيج ثم يترك المزيج لمدة 2 ساعة لإكمال عملية الهضم ثم يرشح المحلول ويأخذ الراشح [8]، ثم ينقل الى جهاز المطياف الذري اللهبي Atomic absorption spectrometer الكائن في قسم المختبرات المركزية / رئاسة جامعة تكريت لغرض فحص تراكيز العناصر النوعية فيها.

معالجة المياه العادمة Wastewater treatment

- **1- تحضير المواد المستخدمة في المعالجة**

1-1- الرمل The sand:

تم جلب الرمل من الأسواق المحلية بأحجام مختلفة، ويعد الرمل صديقا للبيئة ورخيص الثمن، وتم نخله بواسطة مناخل لتحديد حجم حبيبات الرمل المستخدم، اذ تم استخدام منهج تحليل الغربال، الذي يتكون من مجموعة من المناخل المرقمة وفقًا لفتحتها، مما يعطي كل غربال رقم شبكي، إذ نحرك المناخل، وتقوم عملية التحريك بحبس الرمل على أسطح المناخل بناءً على حجمة، مما يحدد قطر حبات الرمل في كل غربال، وتم غسل الرمل بعد عملية الغربلة بماء الحنفية لعده مرات لإزالة الشوائب والاطيان والمواد الاخرى ثم غسله بالماء المقطر أيضا لعدة مرات حتى أصبح الماء الموجود بالرمل نظيفا جدا وصافيا، وتم وضعه في فرن كهربائي بدرجة حرارة 50 مئوية لمده 24 ساعة لتجنب الرطوبة وقتل الأحياء المجهرية المتبقية، وقد تم استخدام طبقتين للترشيح، الاولى تكون الحبيبات الأكبر حجماً والأقل كثافة في الأعلى، أما الحبيبات الأصغر حجماً والأكثر كثافة تكون في الأسفل، وتم فحص كل غربال بشكل فردي وتم اختيار الغربال حسب حجم وسمك الفتحة إذ استخدمت فتحه الطبقة الاولى بسمك (1 mm) والطبقة الثانية فتحتها بسمك (300um) [تصميم خاص].

2-1- الفحم المنشط: Activated charcoal:

تم جلب الفحم المنشط من الأسواق المحلية على شكل حبيبات بحجم من (1.0 ملم -5.0 ملم) ويعد من الطرائق الرخيصة الثمن وصديقة للبيئة، وتم غسل الفحم بالماء المقطر لإزالة الصبغة السوداء الموجودة فيه من جراء الحرق ثم تجفيفه لتجنب الرطوبة، ويمكن إعادة تنشيط الفحم المنشط الذي يعتبر منخفض التكلفة إذ يتم امتزاز او امتصاص المكونات السابقة التي تم امتصاصها ويتم اعادة استخدامه مرة أخرى [تصميم خاص].

3-1- المعالجة بالتبادل الايوني الراتنج

Ion exchange treatment resin :

تم شراء الراتنج من الاسواق المحلية على شكل حبات كروية يتراوح قطرها من 0.5 إلى 1.0 ملم وتم استخدام نوعين من الراتنجات لمعالجة المياه الملوثة، النوع الاول راتنجات التبادل الايوني السالب ذات القاعدة القوية، والنوع الثاني خليط من مادتين راتنجات التبادل الايوني الموجب الحامضي القوي + راتنجات التبادل الايوني السالب ذات القاعدة القوية، أذ تم اختبار المعالجة المثلى للعناصر الثقيلة وتمت إضافة الماء الخام المحمل بالمعادن الثقيلة والايونات لكل من (البوتاسيوم، والحديد)، إذ ان راتنج التبادل الأيوني القوي يمكن استخدامه في مجموعة واسعة من التطبيقات لمعالجة المياه الصناعية.

● 2-تحضير فلتر الترشيح

2-1- تصميم وتصنيع فلتر الترشيح والمعالجة:

Design and manufacture of filtration and treatment filters

تم تصميم فلتر الترشيح من قبل الباحث، وهو عبارة عن انبوب اسطواني مدرج (Graduated cylinder) مفتوح من الاعلى ذو ابعاد (قطره 9 سم وارتفاعه97 سم)، ومغلق من الاسفل ويحتوي على صنبور في قاعدته لخروج الماء اثناء عملية الترشيح والمعالجة، وتم صنعه من مادة البلاستك الشفاف كما في الشكل (2)، حيث قُسّم هذا الفلتر الى ستة اجزاء اثناء عملية الترشيح والمعالجة في آنٍ واحد وكمايلي:

أ. الجزء الاول من الاسفل بارتفاع 6.2 سم راتنج مزدوج خليط من مادتين راتنجات التبادل الايوني الموجب الحامضي القوي + راتنجات التبادل الايوني السالب ذات القاعدة القوية (Cation +Anion).

ب. ثم يليه باتجاه الاعلى 6.2 سم راتنج التبادل الايوني السالب ذات القاعدة القوية (Cation).

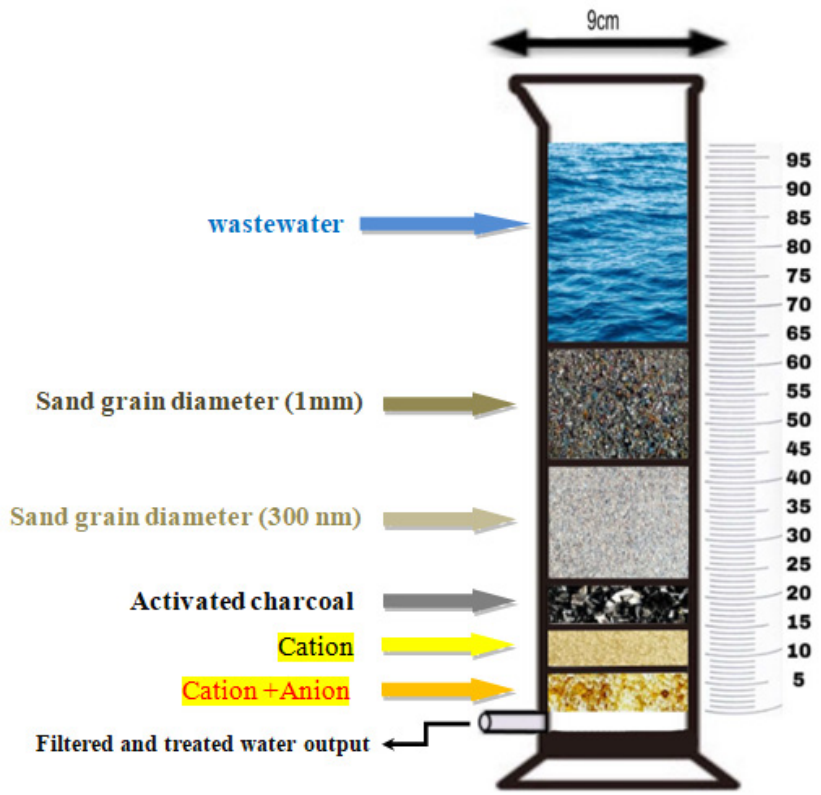
ت. ثم يليه 6.2 سم الفحم المنشط (Activated charcoal).

ث. ثم يليه 18.5 سم طبقة من الرمل المنخول قطر حبيباته بسمك (300um).

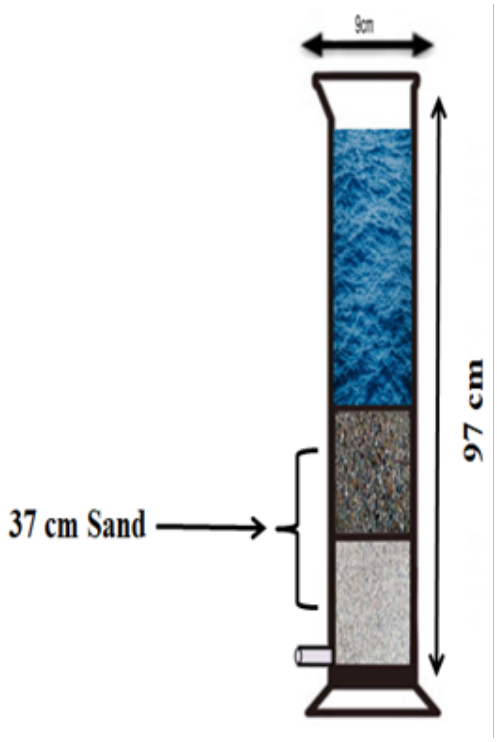
ج. ثم يليه 18.5 سم طبقة من الرمل المنخول قطر حبيباته بسمك (1 mm).

ح. ثم يله من الاعلى وهو الجزء الاخير طبقة من المياه العادمة المراد معالجتها.

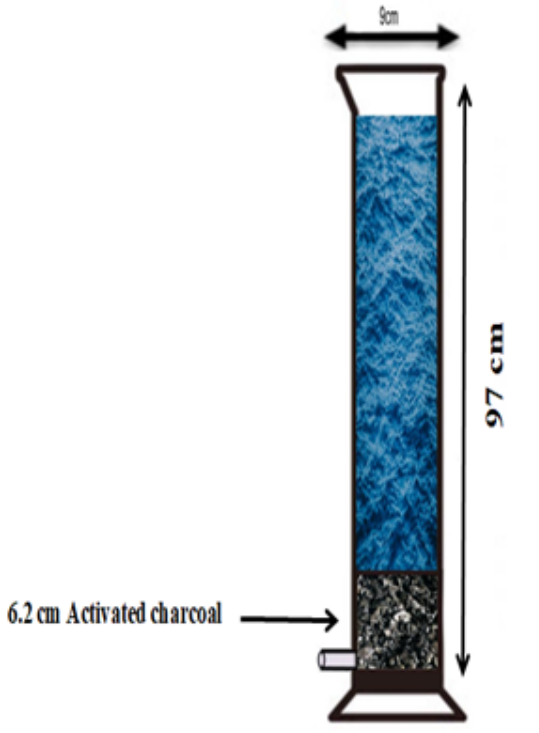
وكذلك تم تصميم فلتر الترشيح والمعالجة لكل مادة على حده من المواد المذكورة بالفقرة (1-1، 2-1، 3-1) وهو عبارة عن انبوب اسطواني مدرج (Graduated cylinder) مفتوح من الاعلى ذو ابعاد (قطره 9 سم وارتفاعه97 سم)، ومغلق من الاسفل ويحتوي على صنبور في قاعدته لخروج الماء اثناء عملية الترشيح والمعالجة، وتم صنعه من مادة البلاستك الشفاف كما في الاشكال (3، 4، 5 أ، 5ب) في ادناه.



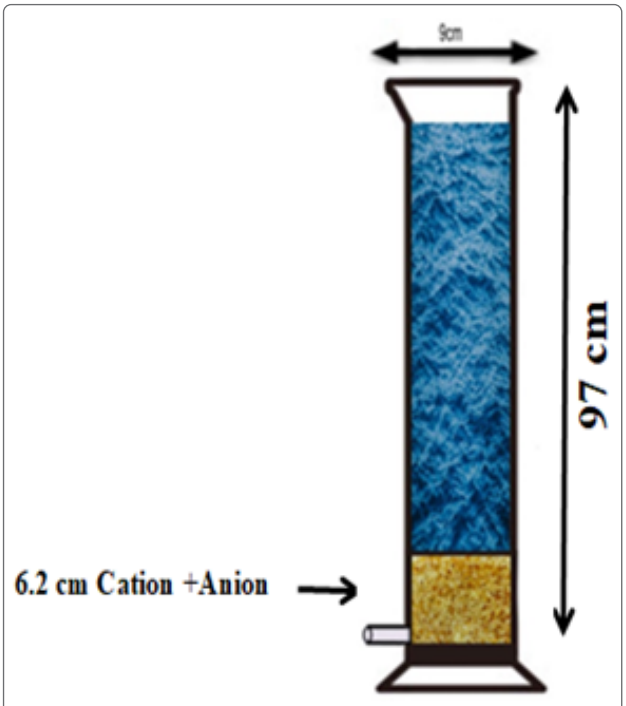
الشكل (2): مخطط توضيحي لعملية الترشيح والمعالجة بتصميم الباحث.



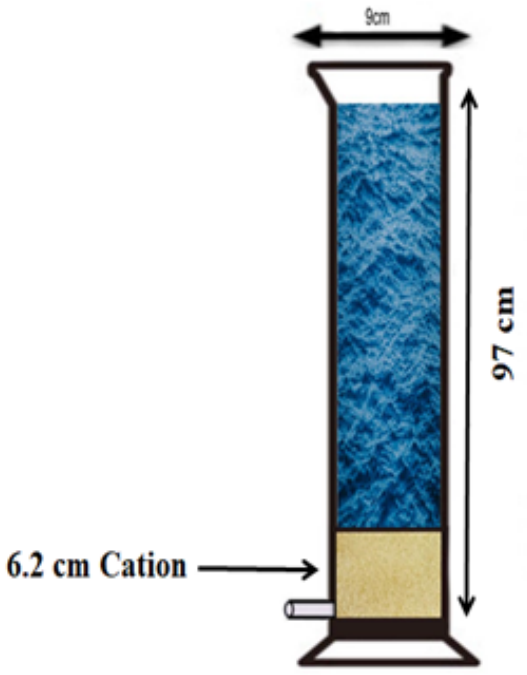
الشكل (3): مخطط توضيحي لفلتر الرمل
المستعمل في الدراسة الحالية



الشكل (4): مخطط توضيحي لفلتر الفحم
المستعمل في الدراسة الحالية



الشكل (5،أ): مخطط توضيحي لفلتر راتنج التبادل الايوني المدمج الموجب الحامضي القوي + راتنج التبادل الايوني السالب ذات القاعدة القوي



الشكل (5،ب): مخطط توضيحي لفلتر راتنج التبادل الايوني الموجب الحامضي القوي

2-2 تهيئة مادة الترشيح

Preparing the filtration material :

أضيفت مواد الترشيح الموصوفة بالفقرة (1-1، 1-2، 1-3)، إذ أضيفت كل مادة على حده، كما أضيفت طبقتين لمرشح الرمل بحجم 18.5 سم سمك طبقة الرمل الاولى وقطر حبيباته بسمك (1 mm)، وكذلك الطبقة الثانية 18.5 سم قطر حبيباته بسمك (300um)، أما الفحم المنشط تم اضافة طبقة واحدة بسمك 6.2 سم، وكذلك تم اضافة مادتان من الراتنج لكل مرشح وكل واحد منهما بسمك 6.2 سم كلاً على حده، الاول راتنج التبادل الايوني السالب ذات القاعدة القوية (Cation)، والثاني راتنج مزدوج خليط من مادتين راتنجات التبادل الايوني الموجب الحامضي القوي مع راتنجات التبادل الايوني السالب ذات القاعدة القوية (Cation +Anion).

● 3- اختبار كفاءة المرشحات

Testing the efficiency of filters

تم اختبار كفاءة المرشحات المصنعة وذلك بإمرار الماء الخام الملوث الذي تم جمعة من المستشفى من خلال فوهة انبوب الاختبار، وترشيحه من خلال مادة الترشيح، وجمعت المياه المرشحة من خلال صنبور الإخراج لكل مرشح بشكل منفرد.

3-1- اختبار كل مرشح بشكل منفرد:

تم في هذه الدراسة استخدام مرشح رملي مكوَّن من طبقتين لمعالجة المياه العادمة. تم إدخال المياه الخام إلى وحدة الترشيح عبر فوهة أنبوب الاختبار،

وجرى جمع المياه المعالجة من الصنبور المثبت في اسفل الفلتر. استهدفت عملية المعالجة تقليل تركيز المواد الصلبة العالقة، خفض العكورة، والحد من التوصيلية الكهربائية. وقد خضعت المياه الناتجة لعدة مرات من الفحص، حيث تم تعديل كمية الرمل داخل وحدة الترشيح (زيادةً ونقصانًا) بهدف تحديد التركيبة المثلى التي تحقق أعلى كفاءة تنقية. وقد أسفرت التجارب المتكررة عن تحديد أفضل كمية رمل تؤدي إلى إنتاج مياه معالجة ذات جودة عالية من حيث الخصائص الفيزيائية والكيميائية.

وكذلك تم الترشيح بالفحم المنشط الذي يتكون من طبقة واحدة، اذ تم ادخال عينة الماء الملوثة الخام التي تم اخذها من المستشفى من خلال فوهة انبوب الاختبار وخروج الماء المعالج من الصنبور الموجود في أسفل الفلتر، وتم استهداف البكتريا في هذا النوع من المعالجة وازالة بقايا المواد العضوية الذائبة أو الجزيئات التي تسبب تغيرات في اللون والطعم والرائحة في الماء، وأيضا تمت المعالجة براتنجات التبادل الايونيإذ تم استخدام نوعان من الراتنج كل واحد على حده وأدخلت عينة الماء الملوثة المأخوذة من المستشفى وترشيحها بنفس الطرق السابقة، واستهدف هذا النوع من المعالجة العناصر الثقيلة والايونات الموجودة في المياه الملوثة وبقية العناصر الاخرى.

3-2- اختبار وحدة المعالجة رباعية المراحل:

بدأنا باختبار كل مادة على حدة لتقييم كفاءتها في تنقية المياه من حيث النسبة المئوية. ثم قمنا بدمج هذه المواد في فلتر واحد متعدد الطبقات، وكان الهدف من هذا الدمج هو تسهيل عملية الفلترة والترشيح، تسريع عملية المعالجة، وتقليل المساحة المطلوبة، بما يتناسب مع المتطلبات العلمية.

3-3- اختبار كفاءة وحدة المعالجة:

تم اختبار كفاءة وحدة المعالجة المصنعة من قبل الباحث من خلال ترشيح كميات متفاوتة من المياه الخام الملوثة التي تم اخذها من احواض المياه العادمة للمستشفى، حيث تم حساب النسبة المئوية للإزالة لكل فلتر، وحساب النسبة المئوية للإزالة لوحدة المعالجة كما جاء في المعادلة الآتية [9].

حساب النسبة المئوية للإزالة لكل فلتر:

$$\text{النسبة المؤية لكل فلتر \%} = \frac{\text{تركيز المادة الملوثة قبل المعالجة} - \text{تركيز المادة الملوثة بعد المعالجة}}{\text{تركيز المادة الملوثة قبل المعالجة}} \times 100$$

حساب النسبة المئوية للإزالة لوحدة المعالجة رباعية المراحل:

$$\text{النسبة المؤية لوحدة المعالجة \%} = \frac{\text{تركيز المادة الملوثة قبل المعالجة} - \text{اخر تركيز للمادة الملوثة بعد المعالجة}}{\text{تركيز المادة الملوثة قبل المعالجة}} \times 100$$

التحليل الإحصائي:

بعد جمع البيانات أدخلت الى الحاسوب وبوبت باستخدام البرنامج *SPSS* بإصداره 26 العامل ضمن نظام *windows*، لتحليل البيانات من خلال اختبار تحليل التباين بعامل واحد (الموقع، اشهر جمع العينات) عند مستوى معنوية 0.05 او $P \leq 0.05$ مع اختبار تكميلي وهو اختبار دنكن (*Duncan test*)، ومعامل ارتباط بيرسون (*Pearson Correlation*).

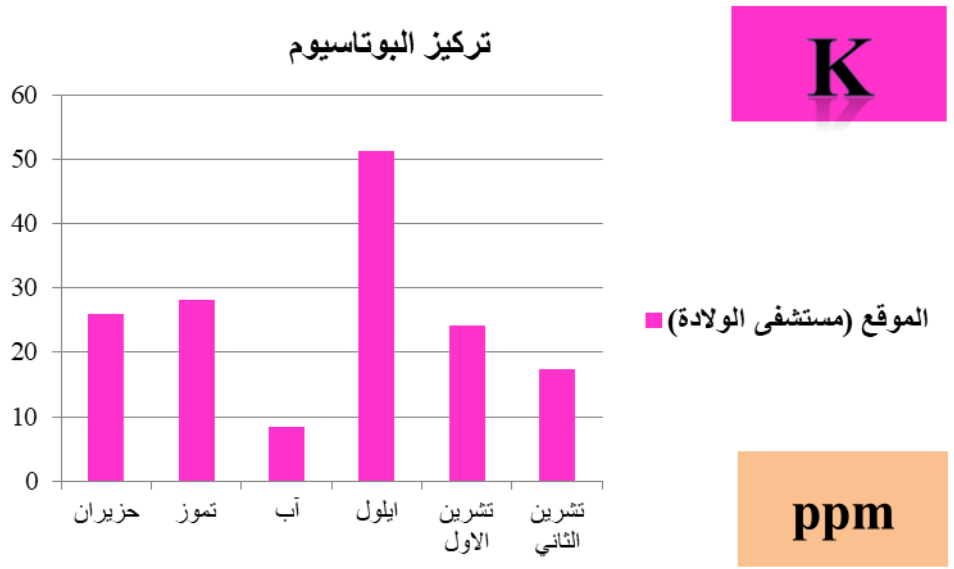
النتائج والمناقشة

النتائج الكمية :

من خلال النتائج التي تم الحصول عليها تبين ان كمية التلوث بعنصر البوتاسيوم والحديد كانت متباينة من شهر لآخر خلال مدة الدراسة وللفترة الزمنية المحصورة بين شهر 4 -2024 الى شهر 11 -2024.

1- تركيز البوتاسيوم في المياه العادمة

تشير النتائج المبينة في الشكل (6) تباين واضح في نتائج عنصر البوتاسيوم فقد بلغت اعلى قيمة له 51.216 ملغرام/ لتر في شهر ايلول، في حين اقل قيمه له كانت 8.410 ملغرام/ لتر لشهر آب ، الجدول (1). توضح نتائج التحليل الإحصائي وجود فروق معنوية مكانية وعدم وجود فروق معنوية زمانية للمواقع المدروسة عند مستوى معنوية ($P \leq 0.05$).



الشكل (6): تراكيز عنصر البوتاسيوم خلال اشهر الدراسة.

الجدول (1): تراكيز عنصر البوتاسيوم خلال أشهر الدراسة.

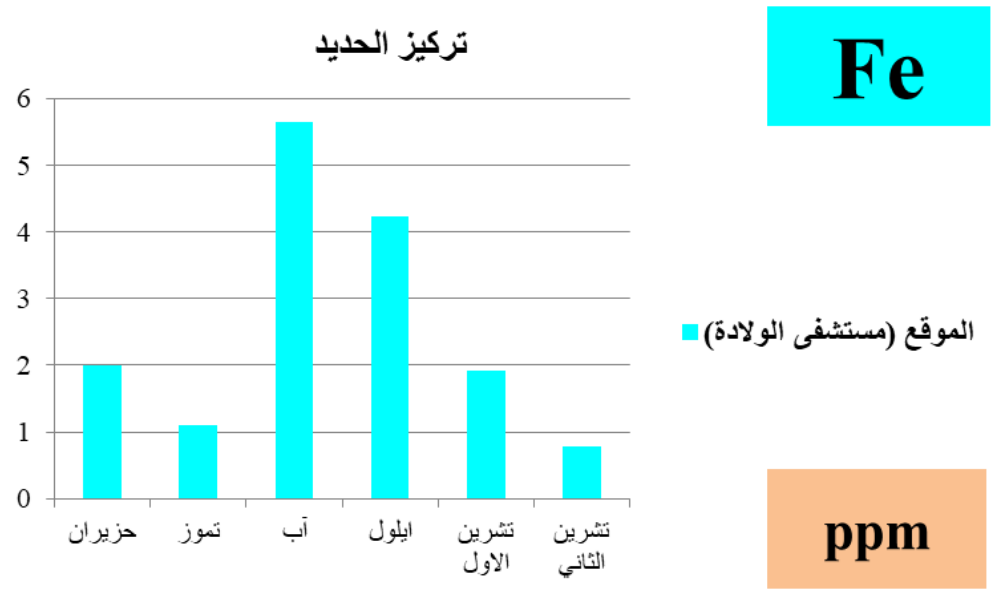
الاشهر	حزيران	تموز	آب	ايلول	تشرين الاول	تشرين الثاني
مستشفى الولادة	25.927	28.065	8.410	51.216	24.138	17.466

يُعد أيون البوتاسيوم من الايونات الضعيفة وإذا وجدت تكون بكميات قليلة في الطبيعة [10]، وربما يعود سبب وجود ايونات البوتاسيوم في المياه الى وجود كميه كبيرة من الاملاح وتحلل المخلفات العضوية التي تطرحها من بعض الاقسام الطبية، وتعتبر هذه المواد من أهم المصادر لأيون البوتاسيوم في المياه [11].

2- تركيز الحديد في المياه العادمة

تشير النتائج المبينة في الشكل (7) تباين في قيم عنصر الحديد فقد بلغت اعلى قيمه له 5.654 ملغرام/ لتر في شهر آب، في حين اقل قيمه له كانت 0.776 ملغرام/ لتر في شهر تشرين الثاني، الجدول

(2). توضح نتائج التحليل الإحصائي وجود فروق معنوية زمانية وعدم وجودها مكانياً للمواقع المدروسة عند مستوى معنوية ($P \leq 0.05$). وجاءت نتائج الدراسة الحالية بمستويات أعلى مما سجّله العيداني في دراسته التي أُجريت على نهر شط العرب في محافظة البصرة، حيث تراوحت التراكيز المسجّلة في دراسته بين (0.181 و0.248 ملغم/ لتر) [13].



الشكل (7): تراكيز عنصر الحديد خلال أشهر الدراسة.

الجدول (2): تراكيز عنصر الحديد خلال أشهر الدراسة.

الاشهر	حزيران	تموز	آب	ايلول	تشرين الاول	تشرين الثاني
مستشفى الولادة	2.003	1.092	5.654	4.231	1.925	0.776

وكانت نتائج الدراسة الحالية اعلى من القيم القياسية للبوتاسيوم والحديد، (20 ملغرام/ لتر، 2 ملغرام/ لتر على التوالي)، للمحددات العراقية لنظام حماية الانهار من التلوث والمحددات البيئية (جدول 3، 2006) [12].

جدول (3) معاير ومحددات الملوثات للمياه المتخلفة والمصرفة الى المصدر المائي.

ت	العوامل	المحددات العراقية للمياه المتخلفة والمصرفة الى المصدر المائي*
1	البوتاسيوم K (mg/L)	20
2	الحديد Fe (mg/L)	2

* المحددات الجديدة لنظام صيانة الأنهار من التلوث رقم 25 لسنة 1967 والتعديلات الملحقة بها.

● **3- اختبار مرشحات وحدة المعالجة للعناصر النوعية**

3-1- البوتاسيوم potassium:

أوضحت النتائج وجود ارتفاع في تراكيز أيون البوتاسيوم خلال فترة الدراسة، كما هو موضح في الجدول (4).

بعد المعالجة أظهر مرشح الرمل كفاءة ملحوظة في إزالة أيون البوتاسيوم حيث انخفض تركيزه إلى 13.197 ملغم/ لتر مقارنةً بـ 15.169 ملغم/ لتر في المياه غير المعالجة بنسبة إزالة بلغت ٪13. كما أظهر مرشح الفحم كفاءة مقبولة حيث انخفض تركيز الأيون إلى 12.933 ملغم/ لتر، أي بكفاءة إزالة بنسبة ٪2 مقارنةً بمرشح الرمل.

في المقابل أظهر مرشح الكاتيون فعالية عالية في الإزالة، إذ انخفض تركيز أيون البوتاسيوم بعد المعالجة إلى 2.069 ملغم/ لتر، محققًا كفاءة إزالة بلغت ٪84 مقارنة بمرشح الفحم. أما الراتنج المزدوج (Cation + Anion) ، فقد بلغ تركيز الأيون بعد المعالجة 0.962 ملغم/ لتر، مما يعادل كفاءة إزالة بنسبة ٪53.5 مقارنة بالمياه العادمة غير المعالجة. سجلت وحدة المعالجة رباعية المراحل أعلى كفاءة، إذ حققت نسبة إزالة بلغت ٪93.65، مما يدل على فاعليتها في خفض تركيز أيون البوتاسيوم مقارنة ببقية المرشحات. كما بيّنت النتائج وجود فروق معنوية بين تراكيز الأيون في المياه المعالجة وغير المعالجة، وكذلك بين المرشحات المختلفة، وذلك حسب اختبار دنكن عند مستوى دلالة ($P \leq 0.05$).

الجدول (4): كفاءة مرشحات وحدة المعالجة في إزالة عنصر البوتاسيوم (ملغرام/ لتر) في المياه العادمة المطروحة من مستشفى الولادة والامراض النسائية والاطفال في محافظة كركوك.

مرشحات المعالجة	البوتاسيوم	نسبة الإزالة ٪ لكل فلتر
ماء خام غير معالج	15.169 a	
المعالجة بالرمل	13.197 b	13
المعالجة بالفحم	12.933 c	2
المعالجة ب Cation	2.069 d	84
المعالجة Cation + Anion	0.962 e	53.5
كفاءة وحدة المعالجة رباعية المراحل	93.65	

تتفق هذه النتائج مع ما أشار إليه [14] بأن مرشحات التبادل الأيوني تمتلك كفاءة عالية في إزالة الأيونات الموجبة والسالبة، مما يسهم في تحسين جودة المياه وتقليل التوصيل الكهربائي. كما تدعم الدراسة الحالية ما توصل إليه [15] في تجاربه باستخدام قشور الأرز، الكربون المنشط، قشور اللوز، ومرشحات الرمل، حيث أظهرت النتائج أن مرشح الرمل يُعدّ من أكثر الوسائل فاعلية في معالجة وتحلية المياه.

5-2- الحديد Iron:

أظهرت نتائج تركيز عنصر الحديد ارتفاعًا ملحوظًا في المياه غير المعالجة إذ بلغ (1.813

ملغم/ لتر) كما هو موضح في الجدول (5)، وبعد تطبيق المعالجة باستخدام الرمل، الفحم، راتنج Catio، والراتنج المدمج (Cation + Anion) ، انخفضت التراكيز إلى (1.477، 1.211، 0.048، 0.024 ملغم/ لتر) على التوالي، مقارنة بالمياه غير المعالجة (1.813 ملغم/ لتر)، وبنسب إزالة بلغت (18.5٪، 18٪، 96٪، 50٪) على التوالي، وقد أثبتت وحدة المعالجة رباعية المراحل كفاءتها العالية في إزالة عنصر الحديد، حيث سجلت كفاءة وصلت إلى 98.67٪، مما يعكس فعالية كل مرشح في خفض التراكيز إلى مستويات دون الحدود المسموح بها في المواصفات العراقية، كما ورد في الملحق (1).

الجدول (5): كفاءة مرشحات وحدة المعالجة في إزالة عنصر الحديد (ملغرام/ لتر) في المياه العادمة المطروحة عن مستشفى الولادة والامراض النسائية والاطفال في محافظة كركوك.

مرشحات المعالجة	الحديد	نسبة الإزالة ٪ لكل فلتر
ماء خام غير معالج	1.813 a	
المعالجة بالرمل	1.477 b	18.5
المعالجة بالفحم	1.211 c	18
المعالجة ب Cation	0.048 d	96
المعالجة Cation + Anion	0.024 e	50
كفاءة وحدة المعالجة رباعية المراحل	98.67	

وأظهرت نتائج التحليل الإحصائي وجود فروقات معنوية ذات دلالة إحصائية مقارنة بالمياه غير المعالجة، وكذلك بين المرشحات نفسها، وذلك وفقًا لاختبار دنكن عند مستوى احتمال ≤ P (0.05) كما بينت الدراسة أن وحدة المعالجة المزودة بأربعة مرشحات تسهم بفاعلية في تقليل تراكيز عنصر الحديد، وهو ما يتفق مع نتائج دراسة [16] التي أشارت إلى أن استخدام راتنجات التبادل الأيوني في وحدات المعالجة يُسهم بشكل كبير في خفض تركيز الحديد في المياه العادمة. وتتطابق هذه النتائج مع ما توصل إليه [17] في دراسته بمجمع مدينة الطب في بغداد، حيث تم استخدام عمود راتنج لإزالة الملوثات، وأسفرت الدراسة عن كفاءة عالية في إزالة الحديد.

الاستنتاجات

كشفت نتائج دراسة البحث الحالي عن قصور واضح في كفاءة محطة معالجة المياه العادمة في مستشفى الولادة، مما يستدعي اتخاذ إجراءات تطويرية لتحسين الأداء العام للمحطة. سجلت أعلى تراكيز لعنصر البوتاسيوم في شهر آب، بينما سجّل عنصر الحديد أعلى مستوياته في شهر أيلول، في دلالة على تصاعد الأحمال الملوِّثة خلال هذه الفترة. في المقابل، بيّنت تقنيات المعالجة المعتمدة على الراتنجات ومرشحات الفحم والرمل فعالية ملحوظة، إذ حققت نسب إزالة بلغت 93٪ للبوتاسيوم و98٪ للحديد، مما يؤكد كفاءتها العالية في تحسين نوعية المياه العادمة وتقليل أثرها البيئي.

References

1. سهيلة الابراهيمي، وزهراء ناجي (2023). تحليل الخصائص النوعية لمياه نهر تانجيرو وتأثيرها على الاستخدامات المختلفة. Al-Adab Journal, (147)، 291-308.

2. Hameed, A. A. S. (2024). Pollution of Water's direct effect in Iraq on the Public Health & Safety. Journal of Al-Farabi for Engineering Sciences, 2(2), 12-12.

3. Musa, O., & Ridha, S. (2023). Using Neural Networks (Back Propagation Network) to Determine the Variables Affecting Water Pollution in the Euphrates River. Journal of Al-Rafidain University College For Sciences (Print ISSN: 1681-6870, Online ISSN: 2790-2293), (1), 518-530.

4. الجواد، جمعة عبد، ومحمد علي (2023). المواد النانومترية المتقدمة لمعالجة المياه: أبعاد بيئية. Arabian Journal of Scientific Research, 2023(2), 13.

5. Yi Z, Tang Q, Jiang T, Cheng Y. (2019). Adsorption performance of hydrophobic/hydrophilic silica aerogel for low concentration organic pollutant in aqueous solution. Nanotechnol Rev. 8(1):266-74.

6. Tang, L., Ma, X. Y., Wang, Y., Zhang, S., Zheng, K., Wang, X. C., & Lin, Y. (2020). Removal of trace organic pollutants (pharmaceuticals and pesticides) and reduction of biological effects from secondary effluent by typical granular activated carbon. Science of the Total Environment, 749, 141611.

7.APHA. (1998). Standard method for the examination of water and wastewater 20th ed., APHA-AWWA-WEF, Washington American Public Health Association.

8. Perkin, E., & Elmer, C. (1996). Analytical methods for atomic absorption spectroscopy. The Perkin Elmer Corporation, USA, 5-6.

9. Wafaa M: A.and Hassan Moawad (2010). Testing performance of the small Scale Bioremediation Unite Designed for bioremoval Enzymatic Biodegradation of Textile Azo Dyes Residus. New York Science Journal:3(3)3.

10. Janssen, W. M.; de Zeeuw, D.; van der Hem, G. K. and de Jong, P. E. (1989). Antihypertensive effect of a 5-day infusion of atrial natriuretic factor in humans. Hypertension. 13(6_pt_1): 640-646.

11. زيدان، تحسين علي ; عبد الرحمن، ابراهيم عبد الكريم و سعود، وهران منعم (2009). دراسة بيئية .

12. نظام حماية الانهار من التلوث رقم (25) لسنة (1967) والتعليمات الملحقة. جريدة الوقائع العراقية، العدد (2763) في 1980/ 3/ 13 والعدد 2786 في 77/ 28/ 1980.

13. Al-Edani, T. Y. (2019). Phytoremediation of Heavy Metals (Cd, Cu, Fe, and Pb) by Using Aquatic Plants in Shatt Al-Arab River. Engineering and Technology Journal, 37(3 Part C).

14. Yu, Z.; Qi, T.; Qu, J.; Wang, L. and Chu, J. (2009). Removal of Ca (II) and Mg (II) from potassium chromate solution on Amberlite IRC 748 synthetic resin by ion

exchange. Journal of hazardous materials. 167(1-3): 406-412.

15. Ghorbani, B.; Pourvaezi, R. and Mirzaei, S. J. (2016). The impact of rice husk, activated carbon, almond shell, and sand filters on some physical and chemical properties of aqueous salt solution. Desalination and Water Treatment. 57(23):10878-10885.

16. Domingues, E.; Fernandes, E.; Vaz, T.; Gomes, J.; Castro-Silva, S.; Martins, R. C. and Ferreira, L. M. (2022). Ion Exchange to Capture Iron after Real Effluent Treatment by Fenton's Process. Water. 14(5):390-706.

17. عبـد المجيـد، محمـد خضـير محمـد (2022). تقييـم بعـض الخصائـص الفيزيوكيميائيـة والبايولوجية للمطروحـات السـائلة عـن مجمـع مدينـة الطـب / بغـداد ومعالجتهـا بتقنيـات نانويـة، رسـالة ماجسـتير / كليـة التربيـة للعلـوم للصرفـة، جامعـة تكريـت.