مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (40) العدد (5) 2018
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Engineering Sciences Series Vol. (40) No. (5) 2018

تصميم وحدة لمعالجة المياه الداخلة لمحطات توليد الطاقة

الدكتور علي علي*
الدكتورة ميساء شاش**
الدكتور هيثم شاهين***
بشار زيدان****

(تاريخ الإيداع 23 / 9 / 2018. قُبِل للنشر في 5/ 11 / 2018)

□ ملخّص □

تمّ في هذا البحث تصميم وحدة معالجة بسيطة لمعالجة المياه الخام، ومن مواد متوفرة محلياً تحتوي على فلترين رمليوفحمي، وعلى جهاز لتوليد الأشعة فوق البنفسجية، وخلية معالجة كهروكيميائية.
استطاعت وحدة المعالجة المصمّمة تخفيض قيمة العكارة بمقدار(91.2%)،كما أسهمت بتخفيض قيم القساوة الدائمة بحوالي(98%)، كما تبيّن أنّ العينات المعالجة باستخدام هذه المحطّة تحقق المواصفات القياسية فيما يتعلق بقيمة pHوالناقلية الكهربائية، وتركيز شوارد الحديد إلى ما دون الحدود العليا للمواصفة القياسية لمياه مراجل محطات توليد الطاقة، وقد لعبت المعالجة الكهروكيميائية الدور الأكبر في رفع كفاءة عملية المعالجة، ويعود الفضل في ذلك إلى قدرة الخلية على توليد شوارد الهيدروكسيل الأنيونية السالبة على اعتبار أن القساوة الدائمة هي عبارة عن أملاح الكالسيوم والمغنيزيوم وكل من هذين العنصرين له شحنة موجبة يمكن إرجاعهما من خلال شوارد الهيدروكسيل المتولدة عند القطب، كما تبين أن للفحم والرمل دوراً ثانوياً في تخفيض قساوة الماء نظراً لخاصية الامتزاز التي يتمتع بها كل منهما.
وقد أوضحت نتائج التحليل الجرثومي الذي أجري على عينة أولية غير خاضعة لعملية المعالجة، وأخرى بعد معالجتها وتعقيمها قدرة الأشعة فوق البنفسجية في القضاء على الجراثيم الموجودة في العيّنة المدروسة، حيث لم تظهر النتائج أي أثر لمستعمرة جرثومية فيها.

الكلمات المفتاحية: وحدة معالجة، فلتر رملي، خلية كهروكيميائية، قساوة الماء، عكارة، التحليل الجرثومي.

* أستاذ – قسم هندسة تقانة الأغذية – كلية الهندسة التقنية – جامعة طرطوس – طرطوس – سورية.
**أستاذ مساعد – قسم المعدات والآليات – كليّة الهندسة التقنيّة – جامعة طرطوس– طرطوس – سورية.
***أستاذ – قسم الهندسة البيئية– كليّة الهندسة المدنية – جامعة تشرين–اللاذقية – سورية.
****طالب دكتوراه – قسم المعدات والآليات– كليّة الهندسة التقنيّة– جامعة طرطوس– طرطوس – سورية.

مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (40) العدد (5) 2018
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Engineering Sciences Series Vol. (40) No. (5) 2018

Design unit to treatment feed water for power stations

Dr. Ali Ali[*]
Dr. MaysaaShash[**]
Dr. Haithamshaheen[***]
Bashar Ziedan[****]

(Received 23 / 9 / 2018. Accepted 5 / 11 / 2018)

□ ABSTRACT □

In this research simple unite has been manufactured to recycle wastewater using available materials like sand and coal filter, UV lamp, and electrochemical cell.
simple unite reduced Turbidity and reduced hardness 91.2% and 98% respectively. The purified sample verified standard specifications of boiler water of power stations in respect of Hardness, turbidity and conductivity. The electrochemical cell in The simple unit played important role in improving efficiency of water treatment, this is due to its ability to produce hydroxyl ions, which can reducedpositive ions like calcium and magnesiumand iron ions, the coal and sand played slight role in decreasing hardness value of water, this is related to adsorbent feature of them, Bacterial analysis revealed that ultra violet (UV) killed Bacterial colony in the water sample.

Key words: simple unite, sand filter. Electrochemical cell, hardness of water, Turbidity, organismic analysis.

[*]**Professor , Department of Food Technical, Faculty of Technical Engineering Tartous University – Syria.**
[**] **Associate Professor , Department of Equipments and Vehicles Engineering, Faculty of Technical Engineering ,Tartous University – Syria.**
[***]**Professor , Department of Environmental Engineering, Faculty of Civil Engineering , Tishreen University – Syria**
[****] **Postgraduate student, Department of Equipments and Vehicles Engineering, Faculty of Technical Engineering ,Tartous University – Syria.**

مقدمة:

يعد الماء من أهم عناصر الحياة، فهو المكوّن الأساسي لتركيب الخلايا الحيّة، وهو يشكّل نحو (60–70%) من أجسام الأحياء الراقية، بما في ذلك الإنسان.

ومن الواضح أن للماء حرارة نوعية عالية، وبذلك يُعدُّ وسطاً ممتازاً لانتقال الطاقة الحرارية، كما أن الماء مذيب جيد للكثير من المواد والمركبات الكيميائية، وبدون الماء لا وجود لشجر أو حيوان أو إنسان [1,2].

يستخدم الماء في محطات توليد الطاقة كماء للتبريد، وماء المراجل، وماء العمليات، والماء المستهلك، ويستخدم ماء التبريد بهدف: تخفيض تشكل القشور، والتحكم بالصدأ والتآكل، ومنع نمو الجراثيم، والتحكم في حجم الفراغ الموجود في المكثف.

تؤدي معالجة مياه التغذية الداخلة إلى مراجل محطات توليد الطاقة الكهربائية إلى منع العديد من المشاكل مثل: تحمل أكثر لمكونات العنفة، ومنع التآكل وتشكل قشور دقائقية من أوكسيد الحديد في المراجل والعنفات وأنابيب نقل البخار، وهو ما يطلق عليه اسم القشور الدقائقية (powdered scale)، والتي تمتلك ناقلية حرارية منخفضة، وبنية مسامية مكونة من دقائق صغيرة، والتي تؤدي لفاقد في ضغط البخار، وإلى ارتفاع إضافي في درجات حرارة جدران الأنابيب المعدنية[3,4,5] . وقد أشار الباحثان(Ngo) و(Bansa) إلى أن تشكل القشور في المكثف في محطات توليد الطاقة يؤدي إلى تشكل ضغط راجع أعلى في المكثف، والذي يؤدي بدوره إلى تناقصحجم فراغ المكثف (condenser vacuum)مما يسبب فقدان في كفاءة العنفة،وينتج عنه معدل حرارة أعلى مما هو مصمم وبالتالي إلى فقدان كبير في الطاقة[6,7].وفي السنوات الأخيرة ومع زيادة التركيز على أنظمة معالجة المياه في محطات توليد الطاقة، والحصول على مردود تشغيل أعلى، والحفاظ على البيئة تم تطوير تقانات جديدة تتجاوز المشاكل التي تسببها أنظمة المعالجة التقليدية، ومن أهم هذه التقانات المعالجة الكهروكيميائية والتي تتميز بالعديد من المزايا ومن أهمها[8–10]:

1- تكاليف إنشاء وتشغيل منخفضة، وتشغل مساحات صغيرة.
2- لا تحتاج لإضافة مواد كيميائية مخثرة.
3- حجم الرواسب الناتجة عن هذه المعالجة صغير للغاية.
4- يتحرر غاز الكلور نتيجة التفاعلات الجارية ضمن مفاعل الفلترة الكهروكيميائية، ومن المعروف أن غاز الكلور معقم فعّال للمياه.
5- تحقق مردود وكفاءة إزالة عالية للشوارد والملوثات.

أهمية البحث وأهدافه:

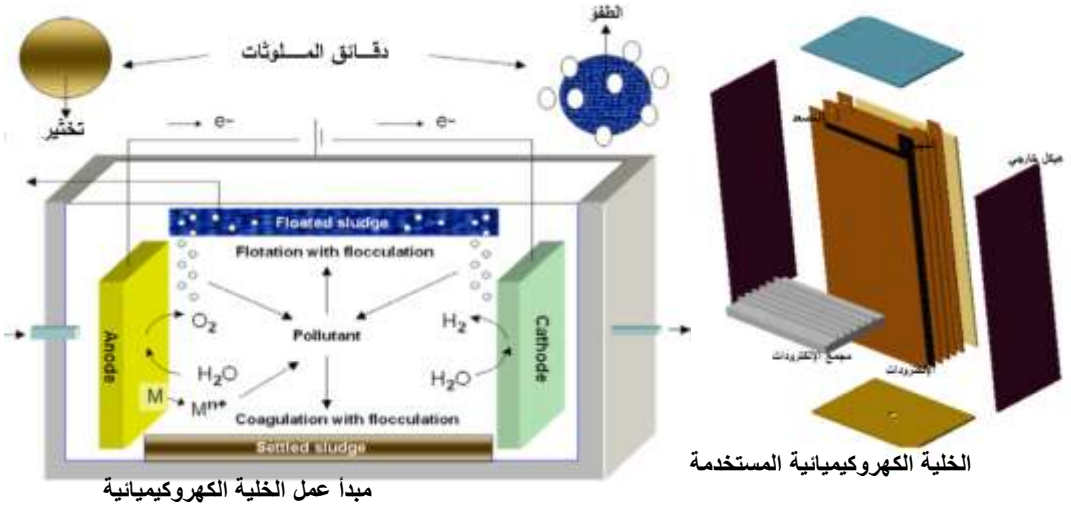
يهدف هذا البحث إلى:

- تصميم وحدة معالجة بسيطة تتكون من عدة مراحل، وذلك لمعالجة المياه بهدف الحصول على ماء مناسب لمراجل محطات توليد الطاقة، بهدف تخفيض التآكل والاهتراء الذي يصيب العنفات، وبالتالي تخفيض كلف الصيانة والاستبدال والتوقف عن العمل.

طرائق البحث ومواده:

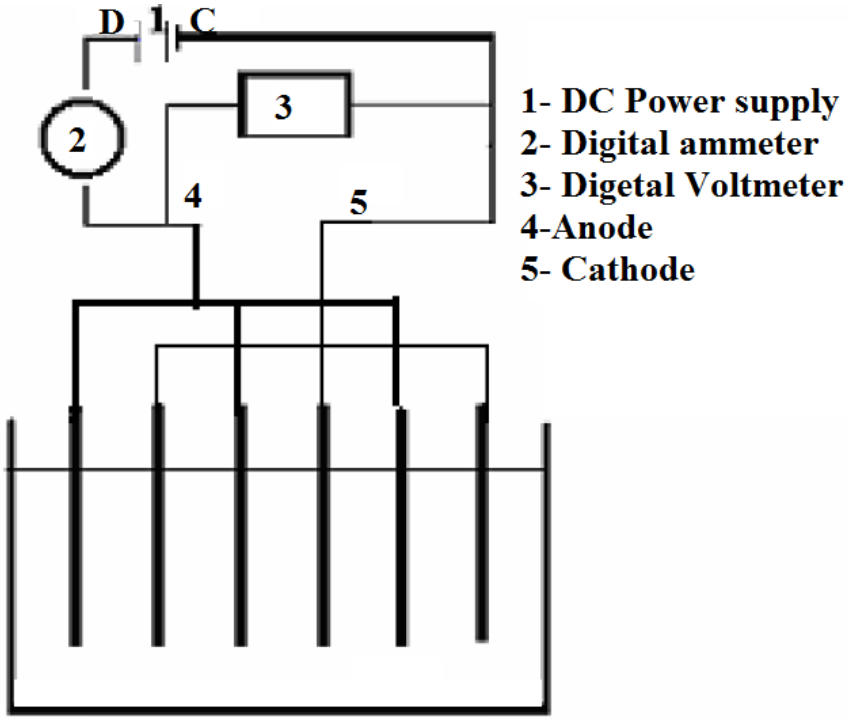
احتياجات الوحدة التصميمية:

- رمل بحري يتم معالجته بحمض الآزوت (0.02N)، ثم غسله بالماء بشكل جيد للتخلص من آثار الحمض المتبقي، وقد أخذ منه (650 g).
- فحم سنديان محلّي تمّ تحضيره عن طريق قطع خشب السنديان وجمعه على شكل هرم، ثم تغطيته بشكل كامل بأوراق الأشجار، وبعدها غمرت هذه الأخشاب بالتراب مع مراعاة وجود فتحة جانبية لتأمين وصول النار للخشب، وفتحة علوية تضمن وصول كمية قليلة من الأوكسيجين من أجل تأمين عملية الاحتراق،وبعد ذلك تمّ إغلاق هذه الفتحات لتأمين عملية التفحيم دون وجود الأوكسيجين،وتستمر العملية حتى ضمان التفحيم الكامل ويستغرق ذلك حوالي (72)ساعة، بعد ذلك تمّ جرش الفحم الناتج والحصول على حبيبات دقيقة تتراوح أقطارها بين (0.5–2mm)،وقد أخذ منها 200g.
- خزان اسطواني الشكل يحوي بداخلة مصباح زئبقي يصدر أشعة فوق بنفسجية، وذلك بهدف التعقيم.
- خلية المعالجة الكهروكيميائية:من أجل تنفيذ الجزء العملي للبحث تم تصنيع نموذج تجريبي ذات الأبعاد (14cm×8cm×24cm)، باستخدام إلكترودات صفائحية من الألمنيوم(21cm×10cm×2mm) كما يبين الشكل (1) حيث طبّق تيار متواصل شدته(2A) توتره (12V) باستخدام محول كهربائي لتغذية إلكترودات من الألمنيوم، وتم دراسة فعالية الخلية الكهروكيميائية في إزالة عكارة المياه، وكذلك الأجسام الصلبة المنحلّة.



الشكل (1): النموذج المبسّط لمعالجة المياه بطريقة الفلترة الكهروكيميائية

ويوضح الشكل (2) المخطط الكهربائي المخبري المبسط لمعالجة المياه بطريقة الفلترة الكهروكيميائية.



الشكل (2): النموذج الكهربائي المخبري لخلية المعالجة الكهروكيميائية

التحليل الجرثومي:

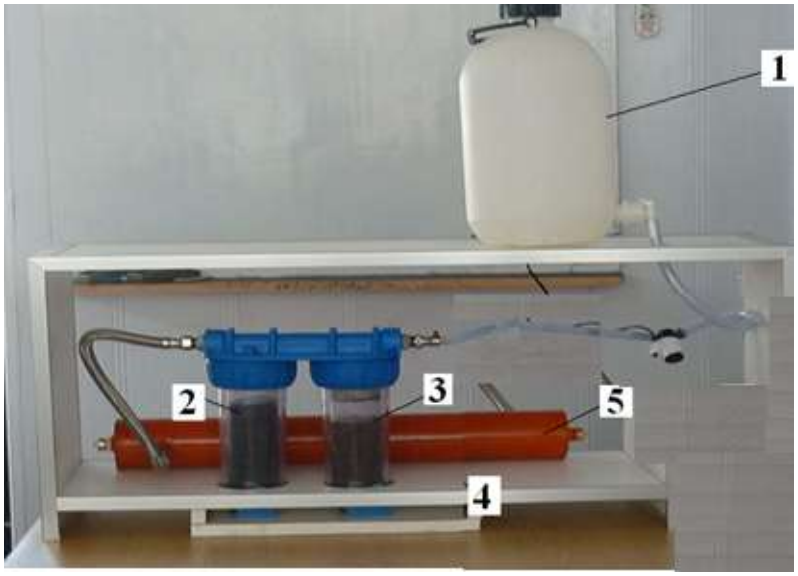
تحضير الوسط المغذي:تمّ تحضيره بحلّ52.79gمن بودرة الترجيتول ضمن لتر ماء مقطر مع زجاجتين من حمض روسوليك. يوضع المزيج في دورق ويحرك جيداً، ثم يوضع في الأوتغلاف عند درجة الحرارة50°C مع مراعاة التحريك حتى ذوبان المزيج، يغطّى بعدها الدورق بورق سلوفان ويوضع عند درجةالحرارة 121°C لمدة ربع ساعة،يبرّد بعدها المزيج إلى درجة حرارة 50°C ومن ثم يوضع هذا الوسط المحضّر للزرع ضمن أطباق بتري.

طريقة الزرع: نقوم بترشيح عينة الماء المراد تحليلها، ومن ثم نأخذ الرشاحة ونضعها ضمن طبق البتري الحاوي على الوسط المغذي، توضع بعدها هذه الأطباق في الحاضنة لمدة 48 ساعة عند درجة الحرارة 36°C.بعد الانتهاء من التحضين تؤخذ العينات ويتم اجراء التعداد الجرثومي لها.

أقسام الوحدة التصميمية:

يوضح الشكل (3) مكونات الوحدة، حيث يجري الماء وفق تسلسل الأرقام عبر الوحدات الثانوية:

1- خزان التغذية بالماء -2- فلتر رملي -3- فلتر فحمي -4- الجسم الحامل -5- التعقيم.



الشكل (3): يوضح مكونات الوحدة المصنعة

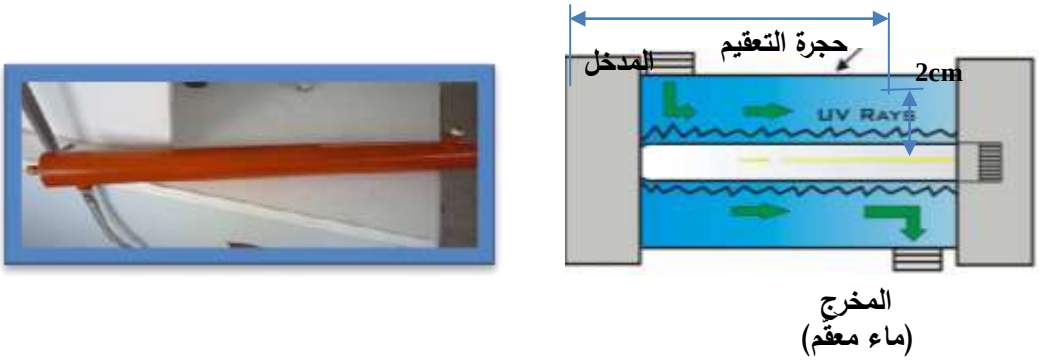
- **خزّان للمياه المراد معالجتها.**
- **الفلترة:** حيث يتم إزالة الدقائق الصلبة من الماء من خلال إمراره بوسط الفلتر، وهي عملية ميكانيكية، والفلاتر نوعان:فلاتر الضغط تصنع من الفولاذ أو الخشب وهي مفتوحة في قمتها وتعمل عند الضغط الجوي، أما الفلاتر الحبيبية(Gravity filters)فهي مغلقة وتصنّع من الفولاذ، وهي اسطوانية الشكل، وتعمل من خلال ضغط ماء التغذية، وتستخدم فلاتر الرمل والفحم المنشط على نطاق واسع:
- **الفلتر الرملي: كما هو موضّح بالشكل(4):**

الشكل(4)يوضح الفلتر الرملي مع الرمل المستخدم ضمنه

- **الفلتر الفحمي: كما هو موضّح بالشكل(5):**

الشكل (5) يوضح مكونات الفلتر الفحمي

التعقيم بالأشعة فوق البنفسجية(UV): للقضاء على البكتيريا والفيروسات والجراثيم الممرضة الموجودة في المياه، والشكل(6) يظهر مكونات هذا الجهاز:



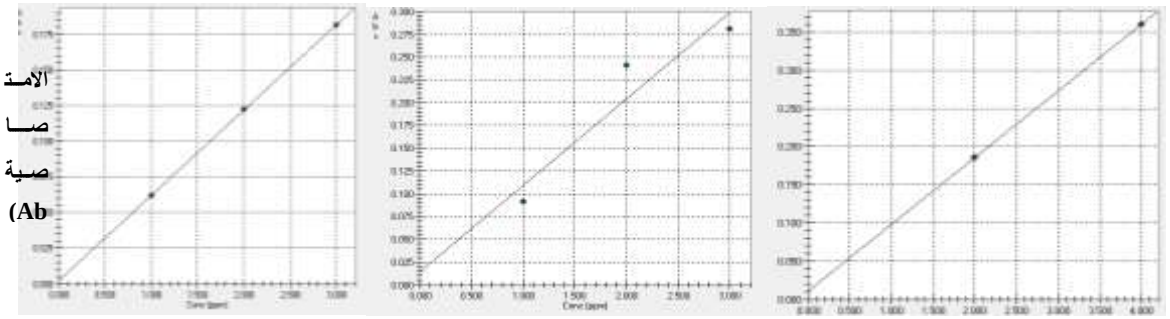
الشكل (6) جهاز التعقيم بالأشعة فوق البنفسجية

حيث تُمرر المياه ضمن جهاز التعقيم وهو عبارة عن حجرة اسطوانية الشكل تحوي بداخلها مصباح زئبقي من النوع (Philips TUV) يصدر أشعة (UV) ذات طول موجة (254nm)، الجرعة التي يعطيها ($40000\ mWs/cm^2$) أي ($40\ mJ/cm^2$)، معدل التدفق 20L/min.

وقد قيست تراكيز شاردة الحديد في عينات المياه المعالجة (C_p)بواسطة جهاز الامتصاص الذري الموضّح بالشكل(7):

الشكل (7) جهاز الامتصاص الذري من النوع(Shimaldzu)

كما عوير الجهاز من خلال تحضير ثلاثة محاليل عيارية للعناصر المدروسة بحيث تم الحصول على منحنيات المعايرة الخطية للعناصر كما هو موضح بالشكل(8):



الشكل (8)منحنيات المعايرة للشوارد المدروسة: (a) للحديد، (b) للكالسيوم، (C) للمغنزيوم

وقد وضعت عينات المياه المعالَجة في القرص الدوار للحاقن الميكانيكي، حيث يقوم الجهاز بسحب العينات وتحليلها وفق برنامج حراري باستخدام الفرن الغرافيتي للجهاز وإعطاء نتائج التركيز (C_p) مقدراً بالواحدة (mg/L).

النتائج والمناقشة:

فعالية الوحدة المصمّمة:

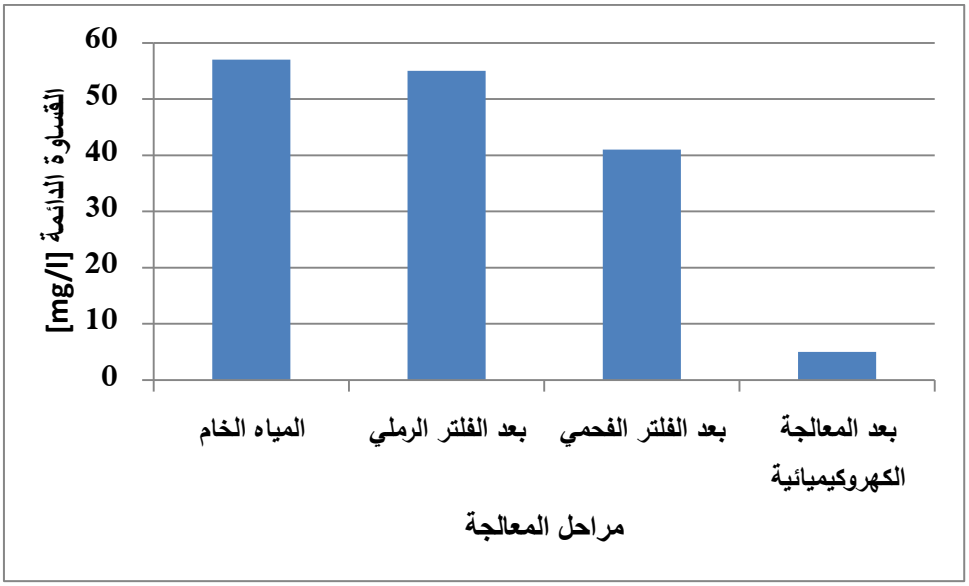
وفقاً للمواصفة القياسية العالمية (JIS B8223-2006) التي تتعلق بالشروط والمعايير المتعلقة بالمياه المغذية لمحطات توليد الطاقة الحرارية والمستخدمة في المراجل وعمليات التبريد يجب أن تتمتع بالمواصفات التالية[11,12]:

pH	8.5-9.3
Conductivity(µs/cm)	<0.5

TDS(mg/l)	60
Turbidity	<0.2
Fe	<0.5 mg/l

- **تطرية المياه(إزالة العسر):**

تشكّل أملاح كبريتات وكلوريدات وبيكربونات المغنزيوم والكالسيوم الذائبة في الماء القسم الأكبر من قساوة الماء، وقد سمّي هذا العسردائماً لأن أملاح هذه الأيونات لا تترسب بعملية التسخين البسيطة، وإنما تحتاج إلىمعالجات كميائية، وقد تبين أن الانخفاض الأكبر بقيمة القساوة حدث بعد المعالجة الكهروكيميائية، حيث تخفض وحدة المعالجة القساوة الدائمة من 57mg/lإلى 5mg/l كما هو موضح بالشكل(9):



الشكل (9) يوضح تأثير المراحل على تغير القساوة الدائمة

ينحل الألمنيوم من المصعد وفق التكافؤ الثلاثي (AL^{+3}) وفق المعادلة التالية:

$$Al(s) \rightarrow Al^{3+}(aq) + 3e^{-}$$

يحدث انحلال في إلكترودات الألمنيوم نتيجة لانخفاض (pH) على سطح المهبط العائد لتشكل (OH^{-}) ، وفق المعادلة التالية:

$$2H_2O + 2e^{-} \rightarrow H_2(g) + 2HO^{-}(aq)$$

أو بسبب استهلاك شوارد الهدرونيوم /بروتونات(hydronium/protons) بحيث يتشكل الهيدروجين على المصعد وفق المعادلة التالية:

$$2H^{+}(aq) + 2e^{-} \rightarrow H_2(g)$$

ويتم إرجاع الأيونات المعدنية على المهبط وفق المعادلة التالية:

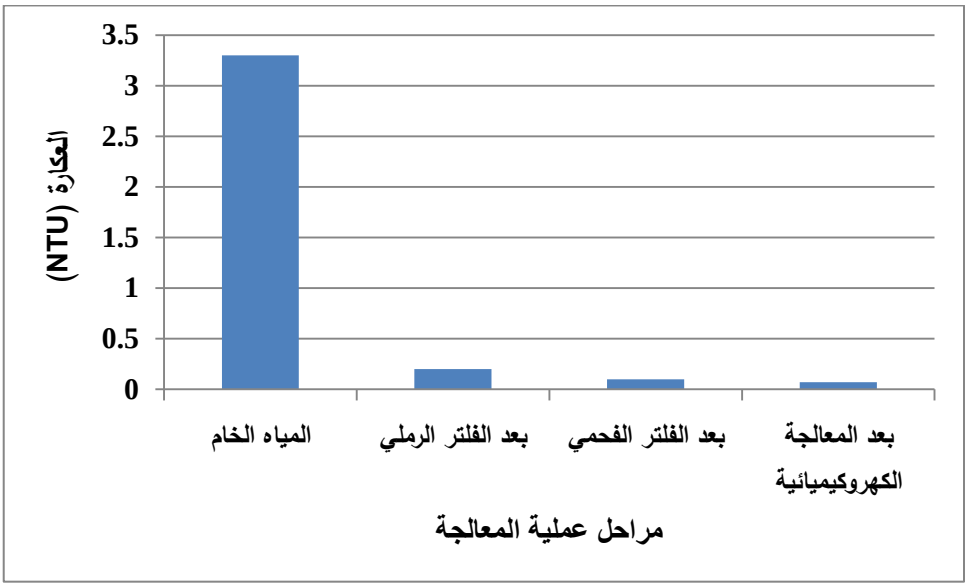
$$Ca^{+2} + 2OH^{-} \longrightarrow Ca(OH)_2$$

$$Mg^{+2} + 2OH \longrightarrow {}^{-}Mg(OH)_2$$

وتشكل الهيدروكسيلات المعدنية الحمأة الراسبة، والتي يجري تجميعها وتركيزها والتخلص منها.

- **العكارة(Turbidity):**

وهي مقياس لتركيز المواد المعلقة في الماء، وكلما ازداد تركيز المواد المعلقة ازداد رقم العكارة وهذه العلاقة طردية.وتقدر العكارة بواحدة (NTU)(Nephelometric Turbidity Units)وهي صفر تقريبا للماء النقي جداً. ويتبين من خلال الشكل(10) أنّ وحدة المعالجة المصممة استطاعت تخفيض العكارة بمقدار (91.2%)، وهي نسبة عالية جداً، وقد لعب الفلتر الرملي الدور الأكبر في تخفيض قيمة العكارةإذ يخفّض العكارة من3.3NTU إلى 0.2NTUوذلك من خلال خاصيّة الامتزاز التي يتميّز بها، حيث تلتصق المواد الصلبة العالقة، والغروية، وبعض المواد المنحلة في الماء على سطوح حبيبات رمل المرشح، وهناك عدد من القوى التي تعزّز عمليّة الامتزاز ومن أهمّ هذه القوى هي: الثقالة، والعطالة، والانتشار، والقوى الهيدروديناميكية.



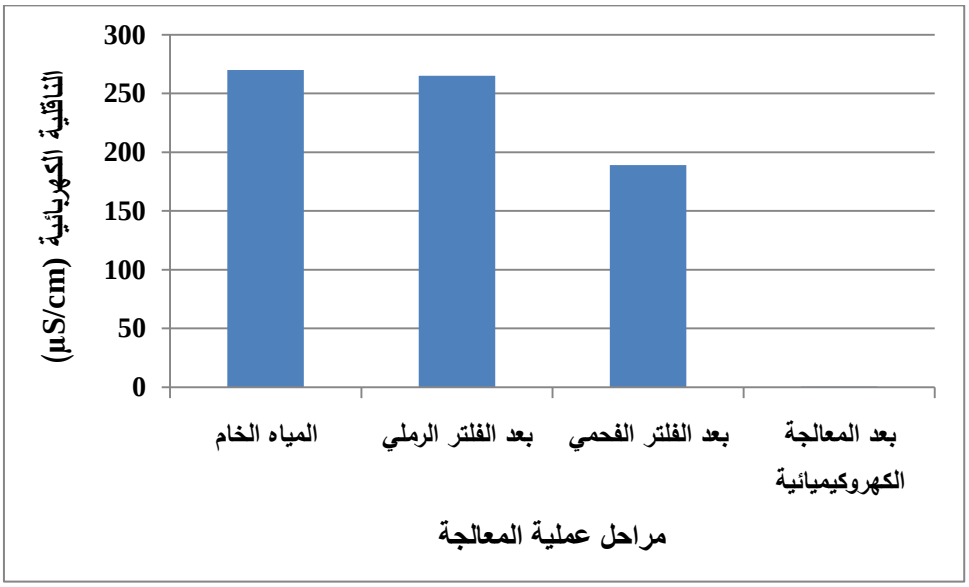
الشكل (10) يظهر تأثير مراحل المعالجة على قيمة العكارة

كما يزيل الرمل قسماً من الشوائب والمواد العالقة من خلال التصفية الميكانيكية على سطح المرشح، حيث لا تستطيع الشوائب ذات الحجوم الكبيرة المرور عبر مسامات رمل المرشح.ويساهم الفحم بأدوارٍ ثانوية بتخفيض العكارة نظراًلاحتواء سطوحه على مواقع قادرة على قبط الجزيئات المخالفة لها بالشحنة الكهربائية، وتلعب المجموعات الوظيفية الموجودة على سطحه(الكربوكسيلية، الهيدروكسيلية، ...) الدور الرئيسي في عملية قبط الجزيئات، وقد بلغت قيمة العكارة خلال عملية المعالجة الكلية 0.07NTUوالنسبة المئوية للفعالية 91.2%.

كما تقوم الخلية الكهروكيميائية بتخفيض إضافي في عكارة المياه وذلك من خلال عملية الأكسدة الكهربائية (electro-oxidation)للملوثات العضوية المسببة للعكارة(organic contaminations) والتي تؤدي لتفككها بشكل تام،حيث تتم الأكسدة الكهربائية بآليتين مختلفتين: مباشرة وغير مباشرة، فالمباشرة تتم من خلال امتزاز الملوثات العضوية على سطح المصعد، وأما الآلية غير المباشرة فتتم من خلال تفكيك المواد العضوية عبر المؤكسدات المتشكلة نتيجة لهذه العملية، مثل جذور الهيدروكسيل(hydroxyl radical) ، والكلور(chlorine) ، وفوق الكلور(hypochlorite) ، وبيركسيد الهيدرجين(hydrogen peroxide)، والأوزون[13-17].

- **قياس الناقلية الكهربائية:**

تعبّر الناقلية الكهربائيةعن كمية الشوارد المنحلّة ضمن عينة الماء المدروسة، وكلما كانت الناقلية أعلى كان تركيز الشوارد ضمن المياه أعلى، وتقاس الناقلية باستخدام جهاز قياس الناقلية الرقمي الحاوي على خلية توضع في العينات المختلفة، وتقرأ النتيجة على شاشة الجهاز عنددرجة الحرارة25°C، وتقدر بـµs. ويوضح الشكل (11) نتائج قياس الناقلية الكهربائية للماء عند مراحل المعالجة المختلفة:

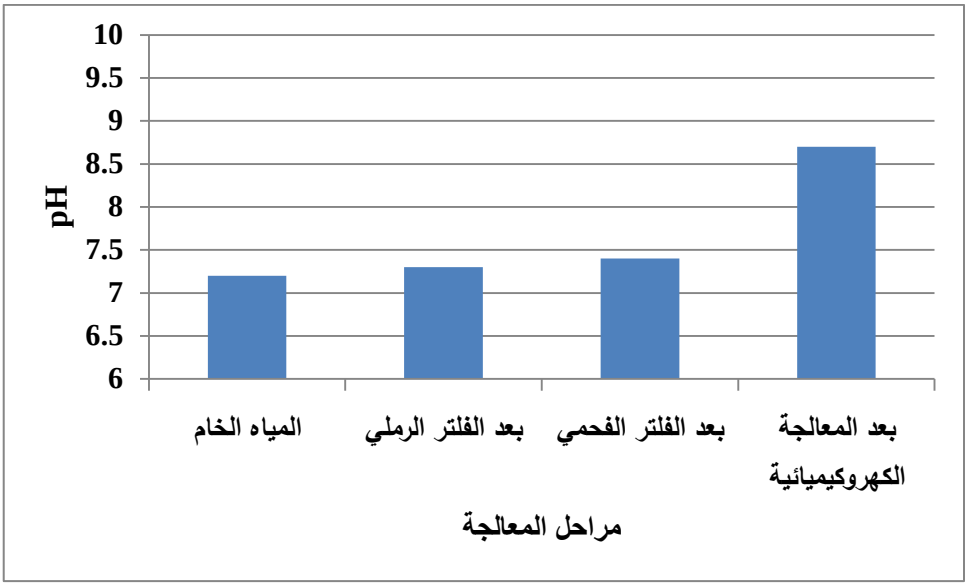


الشكل(11) يظهر تأثير المراحل على قيم الناقلية

خفّضت وحدة المعالجة المصممة الناقلية بنسبة (99.85%)، وعلى اعتبار أن االناقلية تعبّر عن مجمل الشوارد الموجودة في عينة المياه، وتلعب الخلية الكهروكيميائية الدور الاساسي في تخفيض قيمة الناقليّة، إذ تتحد الشوارد المعدنية مع شوارد الهيدروكسيل مشكلة هيدروكسيدات معدنية غير منحلة راسبة(الحمأة الراسبة)، كما أن فقاعات غاز الهيدروجين المتشكلة تساهم في إزالة نسبة عالية من الشوارد فيما يدعى بالحمأة الطافية.

- **دليل شوارد الهدروجين(pH):**

يعبر هذا الدليل عن تركيز شوارد(H^+) الموجودة في الماء، أي يقيس حموضة الماء، ويتم قياسه باستخدام جهاز قياس الPH، حيث يتم قراءةالنتيجة على شاشة الجهاز مباشرةً، ويوضح الشكل (12) نتائج قياس درجة الحموضة(pH) لعينات المياه بعد مراحل المعالجة المختلفة:



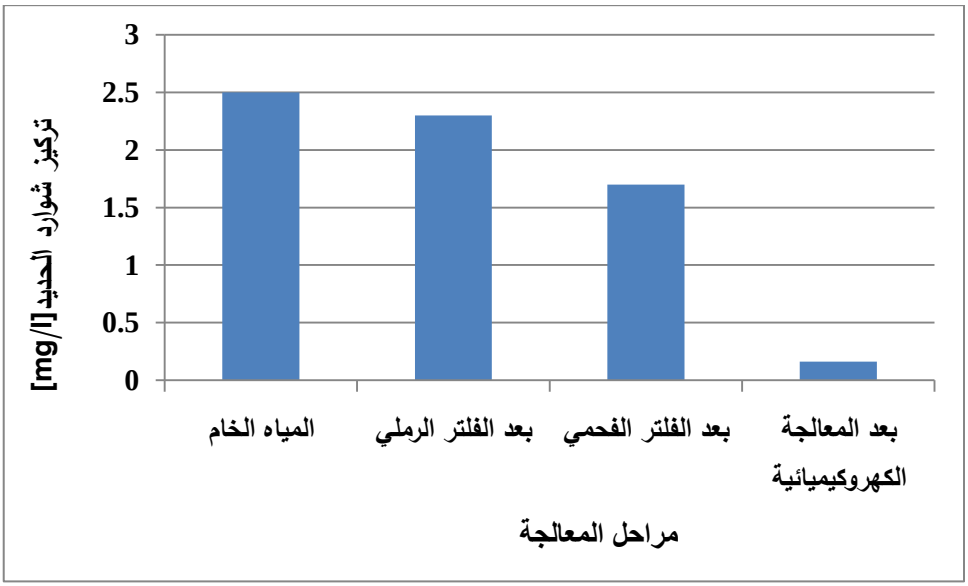
الشكل (12) يظهر تأثير المراحل على قيم الـpH

وقد بلغت قيمة (pH) خلال المعالجة الكليّة8.7.

لم تظهر وحدة المعالجة المصممة تغيرات تذكر على قيمة الـ (pH) إلا في مرحلةالمعالجة الكهروكيميائية، من خلال ترسيب الهيدروكسيدات المعدنية،والتي تسبب ارتفاع(pH).

- **قياس تركيز شوارد الحديد:**

قيستتركيز شوارد الحديد في عينات المياه المأخوذة بعد مراحل المعالجة المختلفة باستخدام جهاز الامتصاص الذري، ويلاحظ حدوث انخفاض في تركيز الحديد وصل بعد المعالجة بالفحم الفعال إلى 1.25mg/lمقارنةً بالعيّنات قبل المعالجة2.5mg/l، بينما الانخفاض الأكبر في تركيز شوارد الحديد تمّ بعد المعالجة الكهروكيميائية، إذ ينخفض هذا التركيز إلى 0.16mg/l في نهاية عمليّة المعالجة كما هو مبين بالشكل(11) :



الشكل (11) يظهر تأثير المراحل على تركيز الحديد

ينحل الألمنيوم من المصعد معطياً الشوارد(AL^{+3}) وفق المعادلة التالية:

$$Al(s) \rightarrow Al^{3+}(aq) + 3e^{-}$$

ويتشكل الهيدروكسيل على سطح المهبط كما ذكر سابقاً، ويتم إرجاع أيونات الحديد(Fe^{+2})على المهبط وفق المعادلة التالية:

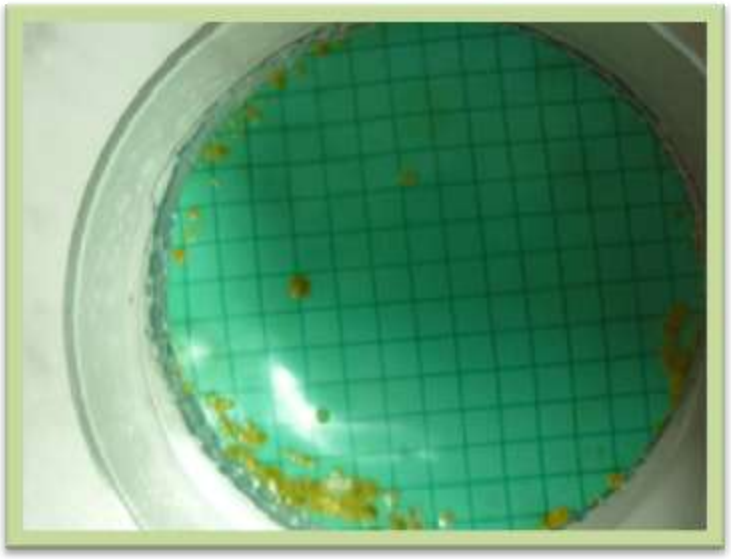
$$Fe^{+2} + 2OH^{-} \longrightarrow Fe(OH)_2$$

ويشكل هيروكسيد الحديدي جزءاً من الحمأة الراسبة، التي يجري تركيزها والتخلص منها في نهاية عملية المعالجة.

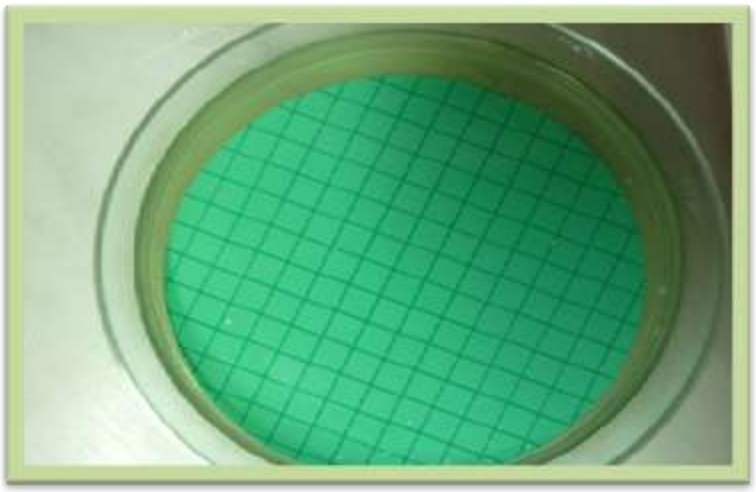
- **التحليل الجرثومي:**

أظهرت نتائج التحليل أنه في العينة البدائية كان عدد المستعمرات الجرثوميّة300 مستعمرة في 100 ميلي لتر ماء، في حين أنه في العينة المعالجة بالإشعاع أظهرت النتيجة خلوّها من أي أثر للمستعمرات الجرثومية.

يوضح الشكلان التاليان نتائج التحليل الجرثومي الذي أجري على عينة أولية غير خاضعة لعملية المعالجة، وعينة أخرى بعد معالجتها وتعقيمها والتي يظهر من خلالها قدرة الأشعة الكبيرة في القضاء على المستعمرات الجرثومية الموجودة في عينة المياه حيث لم تظهر النتائج أي أثر لأي مستعمرة جرثومية.



الشكل(12) يوضح نتائج الزرع الجرثومي في العينة الأولية



الشكل (13) نتيجة الزرع الجرثومي بعد تعريض العينة للأشعة

الاستنتاجات والتوصيات:

الاستنتاجات

1- تم تصميم وحدة معالجة مكونة من عدة مراحل (فلتر رملي، وفلتر فحمي، وخلية كهروكيميائية، وجهاز تعقيم بالأشعة UV) .

2- أزالت وحدة المعالجة العكارة بنسبة عالية(91.2%).

3-خفضّت وحدة المعالجة القساوة الكليّة للماء بمعدّل 98%.

4- خفضت وحدة المعالجة تركيز شوارد الحديد في المياه بنسبة كبيرة.

5- حققت المعالجة الكهروكيميائية المواصفة القياسية العالمية(JIS B8223-2006) الخاصة بمياه تغذية المراجل وعمليات التبريد في محطات توليد الطاقة.

التوصيات:

1- يفضّل معالجة الرمل بحمض فعّال، وذلك لتخليصه من الشوائب التي قد تكون عالقة فيه، ومن ثمّ غسل الرمل المعالج بالحمض بكميات كبيرة من الماء المقطر لإزالة أي أثر للحمض.

2- يفضل مرور الماء بشكل عكسي ضمن الفلاتر (من الأسفل إلى الأعلى)، وذلك لزيادة زمن التلامس وسطح التلامس.

3- يوصى بدراسة أنواع أخرى من الإلكترودات المعدنية المستخدمة في الخلية الكهروكيميائية في محطة المعالجة لمعرفة فعاليتها في عملية معالجة المياه الخام.

4- يوصى بدراسة فعالية المحطة في معالجة أنواع مختلفة من مياه الصرف الصناعي.

المراجع

[1] PERVOV, A.G., REZTSOV, Y.V., MILOVANOV, S.B., 1996 - Production of quality drinking water " Desalination, 108, 167–170.

[2]VERLIEFDE, AD., CORNELISSN, E.R. Amy, G.L.2007-Priority organic micropollutants in water sources and assessment of removal possibilities with different filtersEnvironmental Pollution,146, 281–289.

[3]ProMinetGmbH,Water treatment and water disinfection,Heidelberg January 2018.,

[4]SENICHI, T., TAKAYUKI WADA, T., TOKU,M., Water Quality Control Technology for Thermal Power Plants *itsubishi Heavy Industries Technical Review Vol. 50 No. 3 (September 2013.)*

[5]Norshazira, S., Hidayatul ,A., Wan, S.,DEVELOPMENT OF WATER TREATMENT(2018) *MATTER: International Journal of Science and Technology ISSN 2454-5880*.

[6]Ngo, T. H. A., & Tran, D. T. (2017).Removal of heavy metal ions in. Matter: International Journal of Science and Technology, 3(1), 91–103.

[7]Bansal,AOmkar S., Supriya S., Industrial Wastewater Treatment Using Phycoremediation Technologies and Co-Production of Value-Added ProductsJBioremediatBiodegrad 2018, 9:1

[8] EranAvraham, Malachi Noked, YanivBouhadana, Abraham Soffer, and DoronAurbach, 2009- Limitations of Charge Efficiency in Capacitive Deionization II. On the Behavior of CDI Cells Comprising Two Activated Carbon Electrodes. Electrochemical Society, Vol.156, NO.10, PP.157-162.

[9] Tingting Yan, BaoxiaXu, Jianping Zhang, Liyi Shi and Dengsong Zhang,2018- Ion-selective asymmetric carbon electrodes for enhanced capacitive deionization. The Royal Society of Chemistry, pp. 2490-2497.

[10] MuttucumaruSivakumar, Mohammad. M. Emam jomeh,2005- Electrochemical method for fluoride removal: Measurement, Speciation, and Mechanisms. Sustainable Water and Energy Research Group, VOL. 2522, PP.1-8, Australia.

[11]SENICHI,T., AKITO, Y.,KOUICHI, T., Advantages and New Technologies ofHigh-AVT Water Treatment in Combined Cycle Plants *Mitsubishi Heavy Industries Technical Review Vol. 52 No. 2 (June 2015)*

[12] Water conditioning for Boiler feed Water and Boiler Water JIS B8223-2006.

[13] Naumczyk,J.,Kucharska,M., "Tannery Wastewater Treatment by Anodic Electrooxidation Coupled with Electro-Fenton Process," *Environ. Prot. Eng.*, vol. 37, no. 3, pp. 47-54, 2011.

[14]Naumczyk,J., Szpyrkowicz,L.,Zilio-Grandi,F. "Electrochemical treatment of textile wastewater," *Water Sci. Technol.*, vol. 34, no. 17, pp. 17-24, 1996.

[15] Brillas,Bastida,R.,Llosa,E.,Casado,J., "Electrochemical destruction of aniline and 4-chloroaniline for wastewater treatment using a carbon-PTFE O2-fed cathode," *J. Electrochem. Soc.*, vol. 142, no. 6, pp. 1733–1741, 1995.

[16] Stucki,S., Baumann, H.,Kotz, R. "Performance of a pressurized electrochemical ozone generator," *J. Appl. Electrochem.*, vol. 17, no. 4, pp. 773–778, 1987.

[17] Tsitonaki, A.,Petri,B., Crimi,MMosbaek,H R., "In Situ Chemical Oxidation of Contaminated Soil and Groundwater Using Persulfate: A Review," *Crit. Rev. Env. Sci. Tec.*, vol. 40, no., pp. 55-91, 2010.