

أستخدام جهد زيتا في تحسين كفاءة مرشحات التنافذ العكسي ال(RO)

علي جلوب خريبط عقيل كاظم علوان زينب فؤاد ناظم حازم محمد مجيد نذير جمال عمران

نهاد رحيم شندي علي اسماعيل سكران جعفر صادق مرتضى علي سالم عبد السادة

وزارة العلوم والتكنولوجيا / دائرة البيئة والمياه

بغداد-العراق

الخلاصة

درس تأثير جهد زيتا (Zeta Potential) على أنظمة مرشحات التنافذ العكسي لجعل المحلول الغروي (الماء الداخل) مستقر كهربائياً أي جهد زيتا عالي وبهذا تكون الرواسب او التجمعات التي تؤدي الى انسداد هذه المرشحات قليلة نوعاً ما، مما يزيد من كفاءة انتاجية المرشح. الماء المستخدم هو ماء الإسالة يسלט عليه جهد كهربائي بحدود 25 كيلو فولت قبل دخوله الى فلتر المرشحات الغشائية. قيس (التوصيلية ، الدالة الحامضية ، الملوحة ، المواد الذائبة الكلية ، التغير في مقدار الضغط والجريان) يومياً لتحديد كفاءة الغشاء في عملية الفصل والتتقيح قبل تسليط جهد زيتا وبعده. أظهرت النتائج ارتفاعاً في قيم المتغيرات أعلاه عند أستخدام جهد زيتا عما عليه بدون استخدامه، علماً أن كمية الماء الناتج أزدادت بنسبة 20%، وأستمرار عملها بكفاءة بما يعني تباعد فترات الصيانه واستهلاك المرشحات دون الحاجة للصيانة المستمرة.

الكلمات المفتاحية: مرشحات التنافذ العكسي ، المحاليل الغروية، جهد زيتا و الأقطاب الكهربائية.

Using Zeta Potential to Improve the Efficiency of Reverse Osmosis Filters

Ali Challoor Khraibet Aqeel Kdhum Alwan Zainab Fouad Nadhem

Hazim Mohammed Majeed Nather Jamal Umraan Nihad Raheem Shindy

Ali Ismael Sakran Jafar Sadik Murtada Ali Salim Abed-Alsaad

Ministry of Science and Technology/ Environment and Water Directorate

Baghdad –Iraq

E-mail: Ali Al-shareef@yahoo.com

Abstract

The effect of zeta potential on the Reverse Osmosis (RO) filters system for making the surrounding dilution (water) inside the membranes electrically stable, which means (High zeta potential) was studied. This procedure prevents or decrease the fine particles (sediments) from blocking the membrane holes, as a result of this, the membrane efficiency will increase. In this experiment the tap water subjected to high voltage source (25 kV) entering before the filter container. Several measurement applied on the samples every day, such as (pH, conductivity, salinity, total dissolved solid, pressure drop and flow rate) after and before zeta effect. The result showed a higher range in all parameters when zeta effect applied, also the produced water increase about 20%. The whole system was in a good condition and no need to regular maintenance.

Keywords: RO Membrane, Emulsion, Zeta Potential and Electrical Rod.

المقدمة

دالة للشحنة الكهربائية للجسيمات العالقة (مواد ذائبة ، كائنات حية) الموجودة في المحاليل أو الماء (Franks,2003). من الخصائص الفيزيائية المهمة للغروائيات قدرتها على (الانتشار، الحركة البراونية ،التناضح والانسحاب) هذا الى جانب الخصائص الميكانيكية والضوئية والكهربائية. الجسيمات الغروية في المحاليل تكون مشحونة كهربائياً بسبب خصائصها الأيونية وغالبا ما تكون هذه الجسيمات ذات شحنة سالبة أكثر منها ذات شحنة موجبة، تتولد هذه الشحنات بعدة طرق قد يكون عن طريق احتواء سطح الجسيمة على مجاميع كيميائية تتأين وتتفكك لتنتج عنها شحنة على سطح الجسيمة، أو إن سطح الجسيمة نفسه يقوم بامتزاز الايونات ذات الشحنة المعينة (Elimelech,2000) هذه المنطقة ثنائية الطبقة الكهربائية (Electrical Double layer) تكون موجودة حول كل جسيمة داخل المحلول الغروي. جهد زيتا لأسطح الأغشية يمكن التحكم به من خلال طلائها ببعض المواد الكيميائية والتي تعمل بدورها على رفع أو خفض قيمة الجهد وحسب ما مطلوب للعمل ،(Prieve,2005) أما جهد زيتا للماء والذي يعبر عن دلالة الاستقرار في كهربائية الغرويات، وتعتبر المادة الغروية التي يكون فيها جهد زيتا مرتفع (سواء كان هذا الارتفاع في القيمة موجبا او سالبا ولغاية $\pm 30KV$) دليل على الاستقرار العالية للمحلول الغروائي يتم توظيف هذه التقنية في إيجاد حلول سهلة وغير مكلفة للتحكم في منع تكون الترسبات في الأجزاء المستخدمة وبالتالي اطالة عمر المرشحات وكمية أنتاج أعلى من المياه دون الحاجة للصيانة الدورية (Kang,2006).

تستخدم أنواع مختلفة من الأغشية في محطات تحلية وتصفية المياه، ومنها أغشية التناضح العكسي وأغشية النانو، والتي من خلالها يتم تحلية وتصفية المياه من أجل إعادة استخدامها (Cooly,2006). توفر طرق التحلية بالأغشية ما يقارب 5.8 مليون متر مكعب يوميا من الماء العذب. ويمثل هذا القدر حوالي 41% من مجموع الطاقة الإنتاجية العالمية لتحلية المياه كما يمثل عدد وحدات التحلية التي تعمل بتقنيات الأغشية أكثر من 73% من عدد وحدات التحلية في العالم (Kang,2006). تعتمد طرق تحلية المياه بالأغشية على استخدام خواص المواد المصنعة لها وحجم المسامات بين جزيئاتها، فقد يصنع بعضها من بوليمرات شبه منفذة تسمح بمرور الماء فقط دون ايونات الأملاح الذائبة تحت تأثير ضغط هيدروليكي مثل أغشية التناضح العكسي، و أنواع أخرى تكون غير منفذة للماء ولكنها موصلة للكهرباء، تسمح بالمرور الانتقائي لأيونات الأملاح الذائبة في الماء تحت تأثير الجهد الكهربائي كما في أغشية الديليزة الكهربائية (Corbett,2003). من المشاكل الرئيسية لتلك المنظومات هو حدوث الانسدادات مع مرور الزمن لتكون طبقة من الرواسب على سطوحها. هنالك طريقتين لإزالة الانسدادات والتكلسات ورفع كفاءة المنظومة من جديد (Flemming,2001) الأولى إزالة الترسبات من الأغشية من خلال الغسل العكسي (Back Wash) والغسل الكيميائي .

أما الثانية فهي منع الترسبات قبل وصولها إلى الأغشية من خلال التحكم ببعض الخصائص الفيزيائية للماء الذي يمر خلالها ومنها طريقة التحكم بجهد زيتا وكذلك إضافة مواد كيميائية مانعة للترسبات. ان التفاعل الحاصل ما بين الجسيمات الغروية وأسطح الأغشية يعتمد على الخاصية الفيزيائية المسماة (جهد زيتا) وهي

المواد وطرائق العمل

والقياسات يوميا باستخدام ماء الشرب (ماء الحنفية) لقياس التوصيلية الكهربائية (EC) باستخدام جهاز من شركة (WTW) موديل COND 720 الماني المنشأ، ولقياس الدالة الحامضية (pH) استخدم جهاز من شركة (WTW) الماني المنشأ، وأن فرق الجهد المقاس بـ mV (ملي فولت). شغلت المنظومة (Zeta Rod) بمعدل 4 ساعات يوميا ولمدة أربعة ايام مع وجود يوم لأعمال الصيانة والصورتين (1و2) تبين أجزاء المنظومة في مختبر التطبيقات الحقلية.

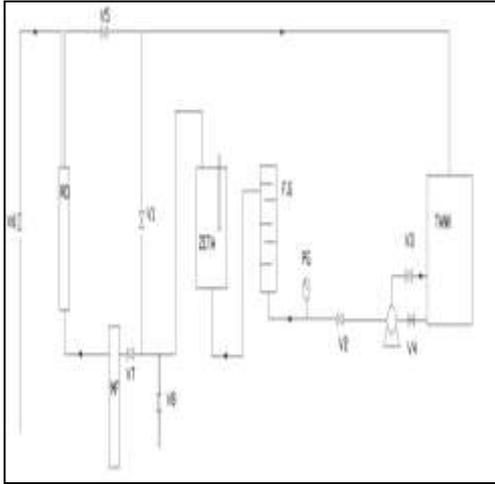
لغرض دراسة تأثير جهد زيتا على تقليل اومنح عملية الترسبات وتأثيراتها على كفاءة الاغشية في منظومات تحلية المياه، تم تصنيع منظومة يتم من خلالها اجراء التجارب والقياسات بدون تطبيق جهد زيتا وسجلت قياسات الدالة الحامضية والتوصيلية الكهربائية والمواد الذائبة الكلية والملوحة ومن ثم بعد ذلك تم ربط جهاز توليد جهد زيتا على نفس المنظومة واجريت الفحوصات



صورة (1) منظومة جهد زيتا ((1- خزان ماء، 2- مضخة ضغط واطيء، 3- مقياس ضغط، 4- مقياس معدل الجريان، 5- فلتر نسيجي، 6- قطب زيتا))



صورة (2) منظومة جهد زيتا ((7- مضخة ضغط عالي، 8- خلية RO))



شكل (1) يبين مخطط المنظومة مع الملحقات

جدول (1) الرموز المستخدمة في مخطط المنظومة

1	صمامات	V_1, V_2, \dots, V_8
2	مقياس ضغط	PG
3	جهاز زيتا	ZETA
4	مرشح مايكروني	MF
5	مرشح (RO)	RO
6	خزان ماء	TANK
7	مقياس الجريان	Fm



صورة (3) جهاز توليد جهد زيتا (1) وعاء التفاعل (2) مجهز قدرة (3) قطب أرضي (4) قطب زيتا

تتكون هذه المنظومة من ثلاث وحدات رئيسية

1- وحدة تغذية الماء

تبدأ هذه الوحدة من خزان الماء المصنع من مادة البولي اثيلين سعة 60 لتر الذي يرتبط بمضخة ماء سعة 2 م³ / ساعة وذات ضغط 5 بار عبر انبوب PVC قطره 25 ملم. زودت هذه الوحدة بمقياس ضغط (صفر-6) بار ومقياس معدل جريان حجمي (Rota Meter) (صفر-3) م³/ ساعة.

2- وحدة توليد جهد زيتا

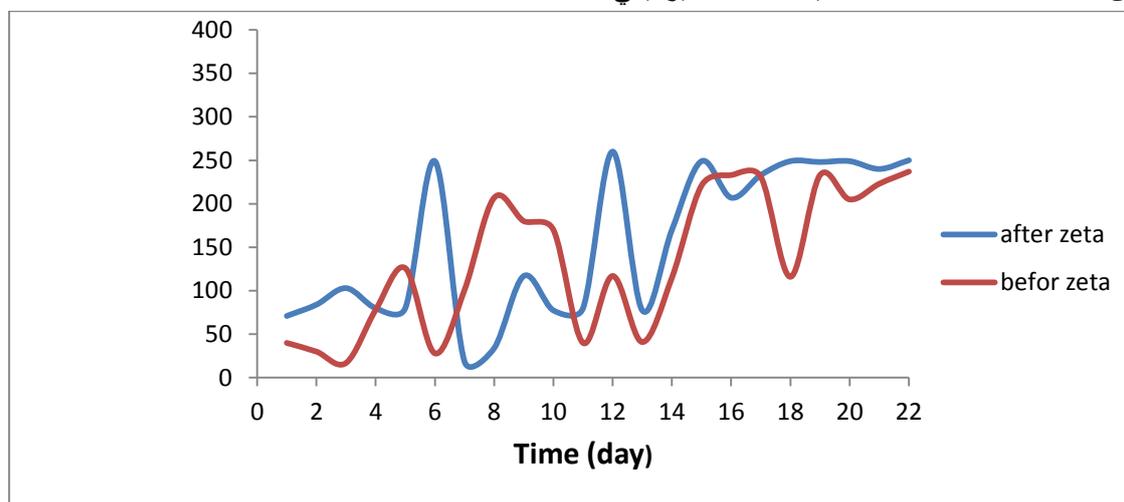
لغرض رفع قيمة الشحنة السالبة (جهد زيتا) للجسيمات في المحلول الغروائي تم نصب جهاز توليد جهد زيتا نوع ZRS 20 من شركة (Zeta Corporation) موضح في صورة (3). الذي يمتاز بمقاومة للظروف التشغيلية الصعبة مثل الحرارة والتآكل والضغط العالي يصل ال(35 بار). العازل السيراميكي في هذا القطب يجب ان لا يمرر اكثر من (600 μ A) عند جهد ثابت مادة الحاوية التي يثبت بداخلها قطب زيتا مصنعة من مادة الستينيلس ستيل (st-st). يرتبط هذا القطب بمجهاز قدرة وحسب متطلبات البحث حيث يتراوح الجهد المستمر الذي يجهزه بين (10-40) كيلوفولت

3- خلية من نوع (BW 30-4040 DRY) بقطر 4 أنج وطول 1 متر منشأ امريكي يلحق بها مضخة الضغط العالي وكذلك يلحق مع هذه الوحدة مقياس معدل الجريان ومقياس ضغط علما أن موقع المنظومة هو مختبر التطبيقات الحقلية. الشكل (1) يبين مخطط المنظومة مع الملحقات والجدول (1) يبين الرموز المستخدمة في المنظومة والصورة (3) تبين جهاز توليد جهد زيتا المرتبط في المنظومة

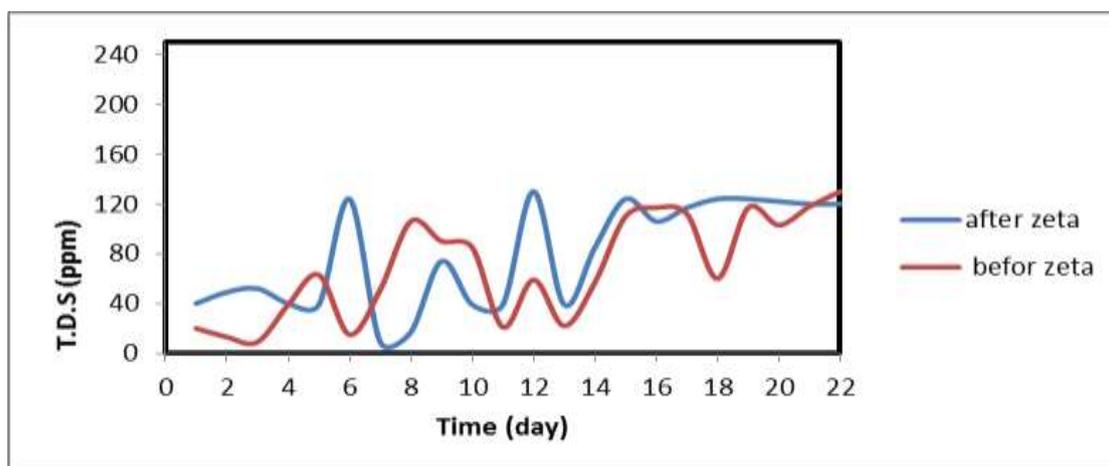
النتائج والمناقشة

فانه سيعمل على إكساب الجسيمات الغروية أكبر كمية من الشحنات السالبة على سطوحها كما ويوضح الشكلين 4 و 5 للماء الراجع تكون الزيادة في التوصيلية الكهربائية والاملاح الذائبة الكلية ذات قيمة عالية جدا وذلك بسبب طرح كميات من الاملاح غير المترسبة على الاغشية بسبب التشتت الكهربائي لها وطرحها في الماء الراجع بشكل أكبر (Romo, 2003) وبعد ذلك يكون اكتساب الشحنات الاضافية بطيء الى ان يصل في مرحلة ما الى حد الاشباع والتي لايمكن بعدها من رفع جهد زيتا لتلك الجسيمات الغروية .

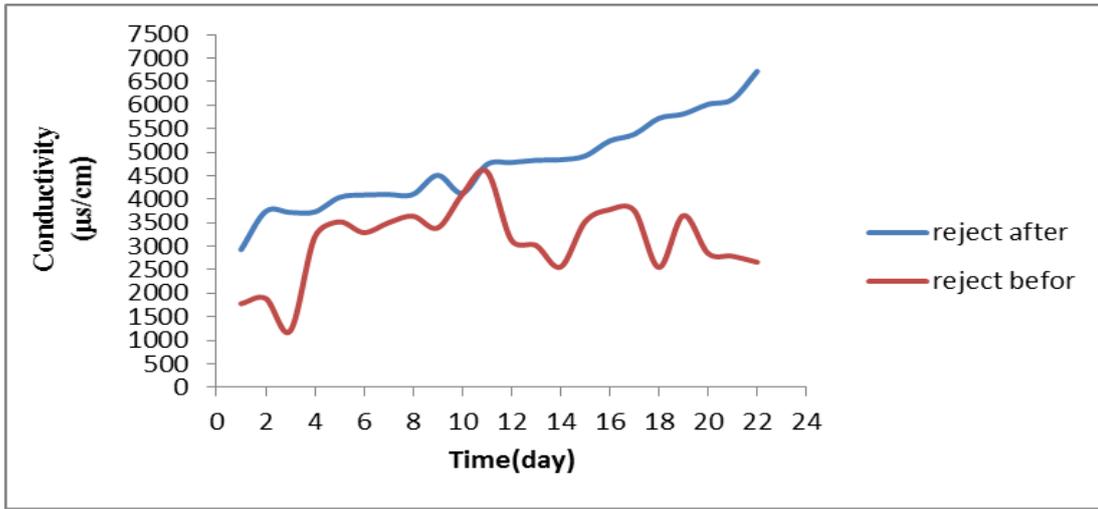
لغرض عرض النتائج سيتم مقارنة كل خاصية على حدة لمعرفة وتقييم أداء المنظومة وتحديد كفاءة الفلتر قبل وبعد ربط جهاز توليد جهد زيتا والأشكال البيانية التالية تمثل المواصفات الفيزيائية المقاسة قيد الدراسة. اذ يتضح من الشكلين 2 و 3 للماء الناتج زيادة في قيمة التوصيلية الكهربائية وكمية الاملاح الذائبة الكلية عند تطبيق جهد زيتا مقارنة بانتاج خلية اغشية التنافذ العكسي قبل تطبيق جهد زيتا عليها وسبب ذلك هو زيادة الشحنات السالبة عن طريق قطب زيتا التي تزيد من نسبة التشتت في الاملاح وعدم التجمع على سطح الاغشية (Shivaji,2006) لكن الملاحظ بأنه عند لحظة تشغيل القطب السيراميكي



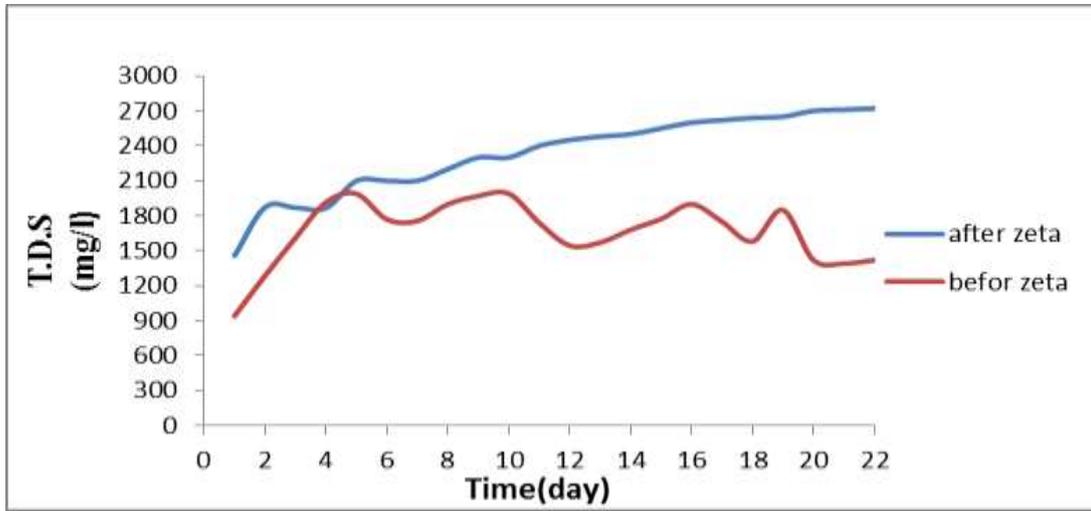
شكل (2) تغير التوصيلية الكهربائية للماء الناتج من خلية اغشية التنافذ العكسي مع الزمن



شكل (3) تغير الاملاح الذائبة للماء الناتج من خلية اغشية التنافذ العكسي مع الزمن



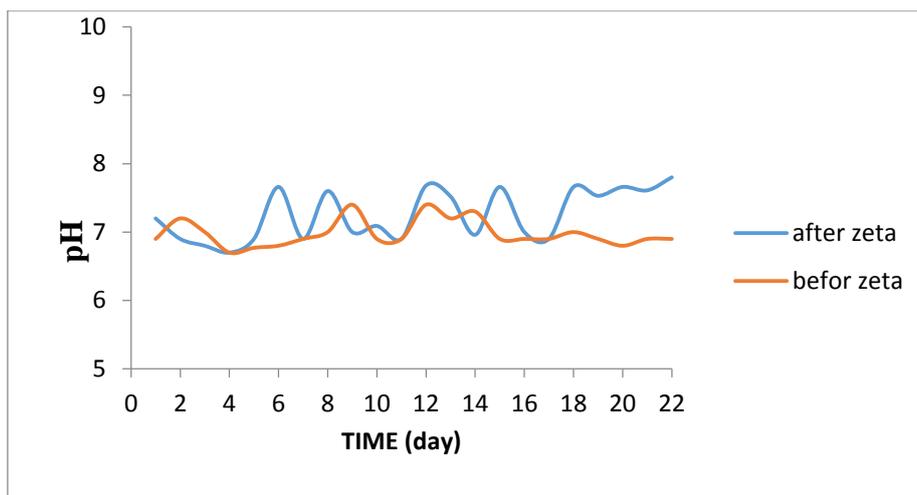
شكل (4) تغير التوصيلية الكهربائية للماء الراجع من اغشية التنافذ العكسي مع الزمن



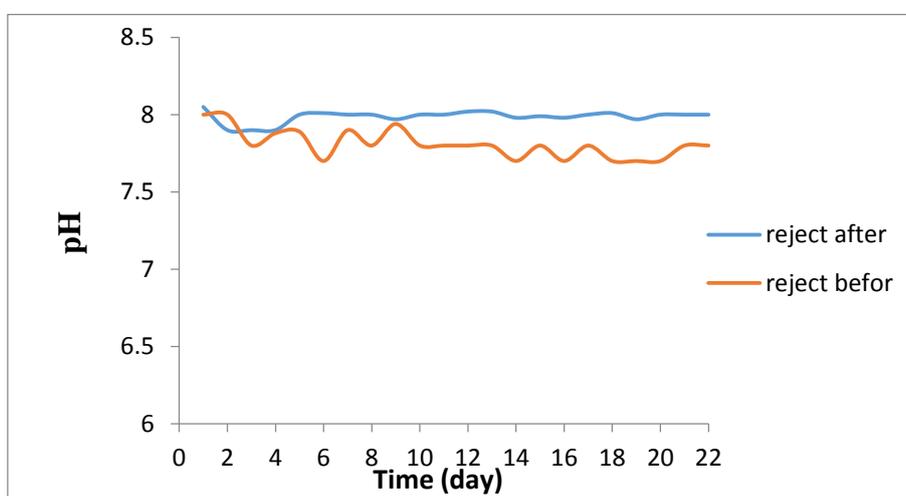
شكل (5) تغير الاملاح الذائبة الكلية للماء الراجع من اغشية التنافذ العكسي مع الزمن

قطب زيتا تشترك مع الايونات السالبة من قيمة OH^- () وترفع من قيمته، وهذا تم ملاحظته من الشكل رقم (7) اذ اخذت قيمة الاس الهيدروجيني بالصعود كلما زاد فرق الجهد الداخلي للماء واخذ يقترب من 8 وهي المنطقة التي تعني ان جهد زيتا يقترب من اعلى قيمة وهي ($\pm 25\text{KV}$) (Franks, 2003).

أما الشكلين 6 و 7 والتي تمثل تأثير اضافة جهد زيتا على الاس الهيدروجيني فيمكن القول بان من اهم العوامل التي تؤثر على جهد زيتا هي الدالة الحامضية (pH) حتى ان الاشارة الى قيمة جهد زيتا كرقم دون التطرق الى قيمة الاس الهيدروجيني تعد قيمة غير دقيقة لان الايونات السالبة التي يطلقها جهاز توليد



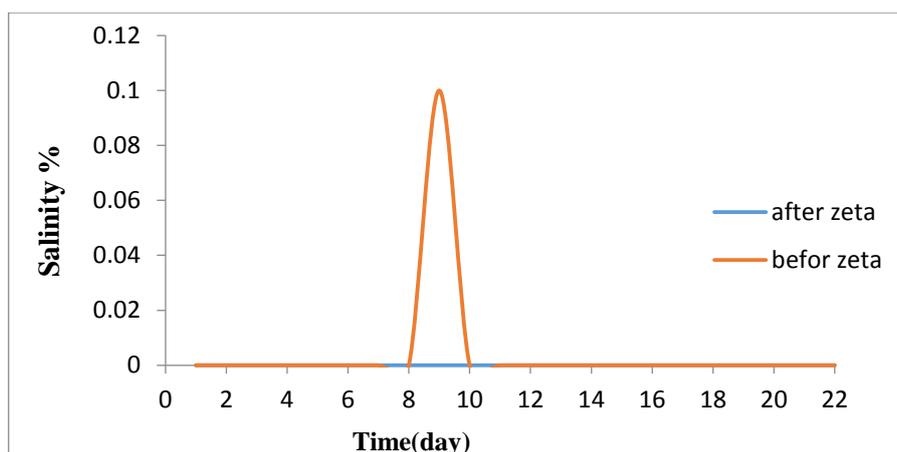
شكل (6) تغير الدالة الحامضية للماء الناتج من اغشية التنافذ العكسي مع الزمن



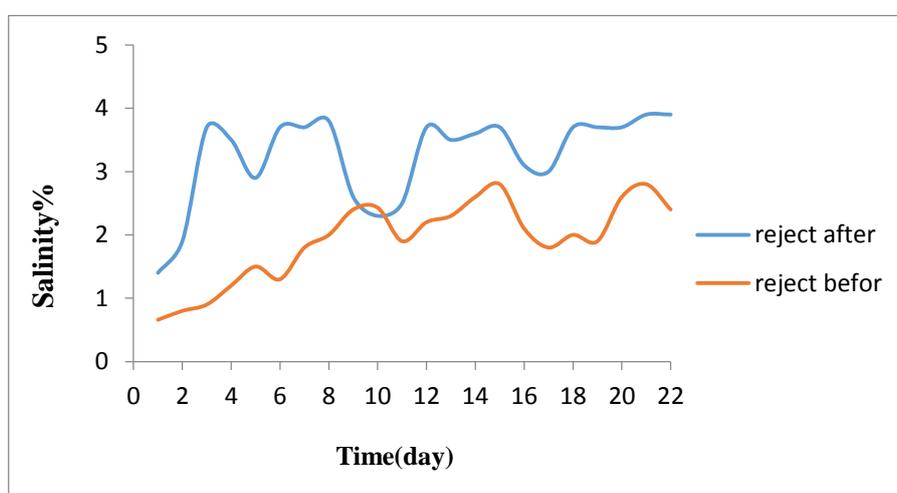
شكل (7) تغير الدالة الحامضية للماء الراجع من اغشية التنافذ العكسي مع الزمن

ذات فرق كبير جدا عند تطبيق جهد زينا بسبب زيادة التشنتت الحاصل للاملاح الراجعة وزيادة شحنة المواد الغروائية ونفاذها خلال اغشية ال (RO) (Menachem,1997).

والشكل (8) يمثل كمية الاملاح في الماء الناتج إذ نلاحظ منه بأنه لا يحتوي على املاح عدا اليوم التاسع وكانت قيمته (0.1%) وذلك بسبب خطأ تشغيلي بينما الشكل (9) يبين كمية الأملاح في الماء الراجع وكانت



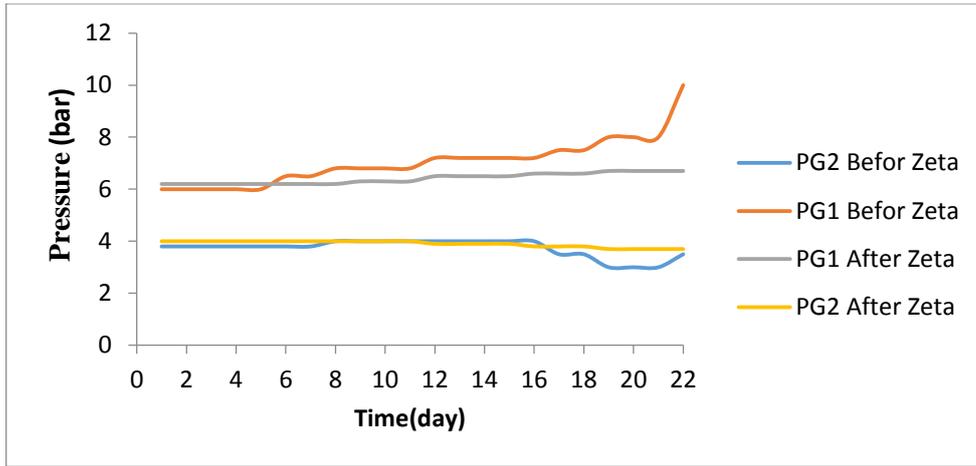
شكل (8) تغير الملوحة للماء الناتج من اغشية التنافذ العكسي مع الزمن



شكل (9) تغير الملوحة للماء الراجع من اغشية التنافذ العكسي مع الزمن

تكون الترسبات وانسداد الأغشية والذي يعد السبب الأساس لتغير الضغط قبل الخلية وبعدها. عند عدم تسليط جهد زينا نلاحظ الضغط في المقياس الاول (PG1 before) يبدء بالتزايد على عكس نظيره في المقياس الثاني (PG2 before) الذي يبدء بالنزول دلالة على حصول هبوط في الضغط Pressure (Drop) وانسداد الاغشية (Corbet,2003).

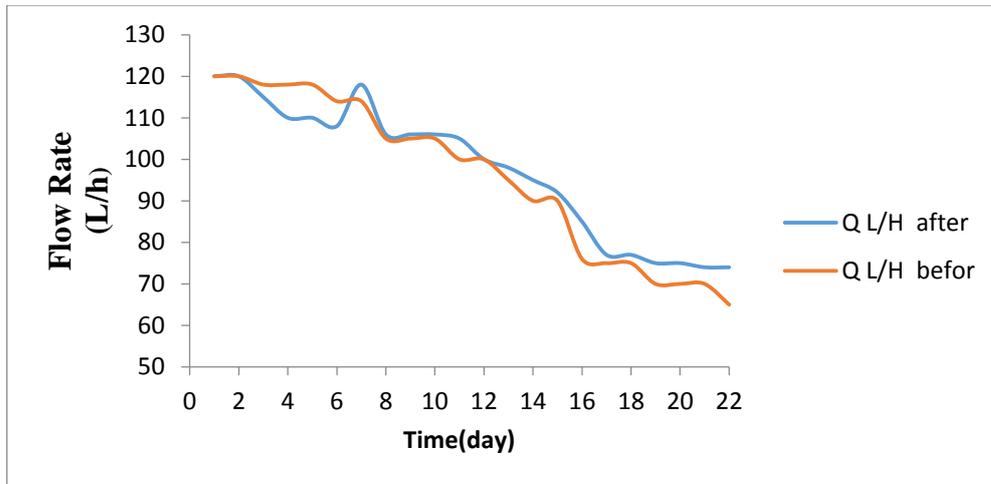
والشكل (10) يوضح بان الماء الذي تعرض لجهد كهربائي عالي (عند دخوله المتسعة الاسطوانية الحاوية على القطب الكهربائي) اكتسب شحنة سالبة اضافية تجمعت على سطح جسيماته الغروائية المتجمعة حوله مما يعمل على زيادة الجهد الداخلي للماء والذي سيعمل بدوره على زيادة التنافر وجعله اكبر من القيمه المعتاده للماء ونتيجة لذلك يكون التشتت افضل وبالتالي عدم



شكل (10) تغير الضغط قبل وبعد خلية اغشية التنافذ العكسي مع الزمن

الشكل (11) فيمثل كمية الماء المنتج من خلية التنافذ العكسي اذ نلاحظ بانها تبدأ بالتناقص بشكل تدريجي ولكنها تبقى افضل عند استخدام جهد زيتا الذي يسبب تشتت الاملاح وبالتالي تحسين أداءه (Kang,2006).

اما عند تطبيق تقنية زيتا فنلاحظ ان الضغط في المقياس الاول (PG1 after) والضغط في المقياس الثاني (PG2 after) يكون مستقر نسبيا ولا فرق كبير في تغير الضغط مما يدل على كفاءة الاغشية وعدم انسدادها (Menachem,1997) وأخيرا



شكل (11) تغير كمية الانتاج لخلية التنافذ العكسي مع الزمن

الاستنتاجات

لاحقا، لذلك فهو ذو جدوى اقتصادية وخاصة

في مجال المعالجة لمحطات مياه الاسالة.

- إمكانية التحكم بجهد زيتا ومقداره حسب نوع المعالجة المطلوبة سواء في عملية الترسيب بجهد زيتا واطئ او بعملية التشتيت للغرويات والتي تحتاج جهد زيتا عالي.
- الية تشتيت الغرويات سواء كانت أحيائية دقيقة أو مركبات عضوية يجعلها تعمل على منع تكوين الطبقات الأحيائية داخل الأنابيب والخزانات وبالتالي إمكانية استخدامها في ابراج التبريد او المنظومات المغلقة أو خزانات المياه المغلقة.
- تعمل هذه التقنية بدون اي إضافات كيميائية والتي قد تكون مضرّة بالبيئة أو تشكل كلفة اضافية للمعالجة.

Refrances

Corbett, E. B.; Charles, M. D. and Norris, D.M. (2003). "Evaluation of Reverse Osmosis Scaling Prevention Devices at High Recovery" Advanced Water Treatment Program Report (91), U.S Department of the Interior Bureau of Reclamation, March

Cooley, H.; Gleick, P. H. and Wolf, G. (2006) "Desalination with Grain of Salt California Perspective", Separation Science and Technology, 41, 1475-1487.

Elimelech, M.; Amy, G.L. and Clark, M. (2000). "Membrane Separation Process In Aquatic Systems" Symposia Papers Presented Before the Division of Environment Chemistry, American Chemical Society, 40, 287-289.

Franks, G. V. and Meagher, L.(2003) "The IS Electric Points of Sapphire Crystals and Alpha-alumina Powder," Colloids and Surfaces" A: Physicochemical. Eng. Aspects 214, 99-110.

Flemming, H. C.; Schule, G.; Donogh, R. and Ridgway, H. F. (1991). "Effects and Extent of Biofilm Accumulation in Membrane Systems", Biofouling and Bio

- استخدام تقنية جهد زيتا في منظومات تحلية وتصفية المياه كونها تساهم في رفع كفاءة أغشية التنافذ العكسي والأغشية بصورة عامة بنسبة 20%.
- الية عمل جهد زيتا تؤدي الى زيادة في الشحنة السالبة للجسيمات الغروية داخل الماء وجعلها ذات شحنة واحدة تمنعها من التجمع وتكوين التكتلات الملحية الكبيرة التي تغلق فتحات المرشح وبالتالي الحاجة الى الغسل المستمر والصيانة الدورية.
- يعد استخدام تقنية جهد زيتا أحد التقنيات الحديثة والنظيفة في مجال المعالجات البيئية لأنه لا يستخدم إضافات يجب التخلص منها

Corrosion in Industrial Water Systems, 17, 63-90.

Kang, S. M.; Hoek, E.; Choi, H. and Shin, H. (2006). "Effect of Membrane Surface Properties During the Fast Evaluation of Cell Attachment" Separation Science and Technology, 41, 1475-1487.

Menachem E. and Xiaohua, E.(1997) "Role of Membrane Surface Morphology in Colloidal Fouling of Cellulose Acetate and Composite Aromatic Polyamide Reverse Osmosis Membranes" Journal of Membrane Science, 127, 101-109.

Prieve. (2005). "Measurement of the Streaming Potential and Streaming Current Near a Rotating Disk to Determine Its Zeta Potential." Langmuir, 21, 7433-7438.

Romo, R. and Pitts, M. (2003) "Application of Electro Technology for Removal and Prevention of Reverse Osmosis Biofouling", Environmental Progress, 18, 107-111.

Shivaji, S. and Amy, E. (2006). "Zeta Potential of Commercial RO Membranes: Influence of Source Water Type and Chemistry", Jor. Elsevier, 140, 87-95.