*Journal of Environmental Studies [JES] 2017. 17: 1-10*

*Original Paper*

# تحلية المياه الجوفية في جامعة تكريت باستخدام تقنية التناضح العكسي

**عباس هادي عباس**
**قسم الهندسة المدنية - كلية الهندسة - جامعة سامراء**

استلام: ١٧ ابريل ٢٠١٧، قبول ٢٧ مايو ٢٠١٧

**الخلاصة**

تم انجاز هذا البحث لغرض تحلية المياه الجوفية في جامعة تكريت باستخدام منظومة غشاء التناضح العكسي. استخدم غشاء التناضح العكسي نوع (TW 30-1812-50) في هذا البحث. تراوحت النسبة المئوية للماء المعالج بين (٦.٧٥-٧.٧٥) % وكذلك تراوحت النسبة المئوية لرفض الأملاح بين (٨٩.٢٢-٩٢.٢) %.بينت النتائج كفاءة إزالة للأملاح الذائبة الكلية TDS (89.22 –92.2)% وللتوصيلية الكهربائية (88.0 -91.26)% وللكدرة (53.65-٨١.٢٥)% وللعسرة الكلية(94.11-95.55)% وللقاعدية الكلية (96.25-٩٧.٠٠)% وللكالسيوم (92.88-96. 43)% وللمغنسيوم (91.95- 96.52) وللكلوريدات (93.68-94.27)% وللكبريتات (85.66 -90.37)% وللصوديوم (٧٥.٧٢ - 96.36)% وللحديد ١٠٠%. تم استخدام برنامج ROSA72 لتصميم منظومة تناضح عكسي للماء الجوفي الخام وكانت النتائج مرضية.

**الكلمات الدالة:** تحلية، المياه الجوفية، تكريت، التناضح العكسي.

## المقدمة

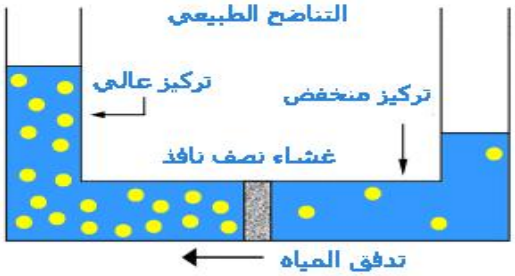
لقد أدى استنزاف الموارد الطبيعية مثل الوقود الاحفوري والمياه وبعض المعادن خلال القرن العشرين إلى وضع مأساوي جعل المنظمات العالمية تطلق صيحة فزع تمثلت بتنظيم قمة الأرض بريو - البرازيل سنة ١٩٢٢ وهي القمة التي تم التأكيد فيها على حق الأجيال القادمة في الموارد الطبيعية الأساسية مثل الماء والطاقة وحقها في بيئة سليمة (محمد وصالح). ويبدو الانشغال بمشكلة المياه غريبا في بادئ الأمر. إذ إننا نعلم إن المياه تغطي حوالي ٤\٣ من سطح الأرض (٧٢%) وان حجمها الضخم يساوي ١.٥ كم$^{٣}$ تقريبا غير إن هذه المياه مالحة بنسبة ٩٧.٥% ولايمكن استعمالها لا للشرب ولا للصناعة أو الزراعة ولا يمثل الماء العذب إلا ١% فقط على أقصى تقدير. بناءا على ذلك فان الموارد المائية على المستوى العالمي تشكو من العوز إلى المياه العذبة وان اللجوء إلى تحلية المياه المالحة (المياه الجوفية أو مياه البحر) يمكن إن يكون اختيارا أساسيا لسد العجز في توفير المياه العذبة حسب وضعية البلد وان الدول العربية هي أكثر الدول حاجة إلى تحلية المياه. وخصوصا دول الخليج العربي. وحسب تقرير الجمعية العالمية لتحلية المياه-International Desalination Association IDA لسنة ٢٠٠٠، فان أكثر من ١٢٠ دولة من دول العالم تستخدم تقنيات التحلية لتوفير الماء العذب وتصل الوحدات في العالم إلى أكثر من ١٤٠٠٠ وحدة تنتج حوالي ٢٠ مليون متر مكعب في اليوم وتعتبر الدول العربية أكثر الدول استخداما للتحلية (خاصة دول الخليج والتي تعتمد على هذا المصدر للماء العذب) حيث تنتج حوالي ٥٠% من إنتاج العالم بل إن المملكة العربية السعودية وحدها تشكل حوالي ٢١% من إنتاج العالم من ماء التحلية (محمد وصالح). وتتعدد تقنيات تحلية المياه المالحة وتشمل التقطير (Distillation ) و الديلزة الكهربائية (Electro dialysis) و المبادلات الأيونية (Ion exchange) والفصل المغناطيسي (Magnetic Separation) والتجميد (Freezing) والترسيب الكيماوي (Chemical Precipitation) والتناضح العكسي (Reverse Osmosis)

تلعب الأغشية الطبيعة دورا هاما في فصل الأملاح . في السنوات القليلة الماضية أمكن الوصول الى طريقة لمعالجة المياه المالحة باستخدام نظرية التناصح العكسي (R.O) وأمكن بها الحصول على مياه على درجة عالية من النقاوة بالنسبة لمواصفات مياه الشرب. ان مميزات تحلية المياه بواسطة التناصح العكسي١- قلة استهلاك الطاقة ٢- قلة تكاليف التشغيل والصيانة٣- سرعة تركيب المحطة وسهولة تشغيلها٤- لاتشغل المحطة حيز مساحي كبير٥- إمكانية عمل توسعات للمحطة في أي وقت ٦- تستخدم في تحلية المياه المالحة حتى تركيز ٦٠٠٠٠ جزء في المليون أي إن هذه الطريقة تستخدم في تحلية مياه الآبار المالحة (Salt Water) ومياه البحار ( Sea Water).

التناضح أو التنافذ (باللغة الإنجليزية: Osmosis)، هي ظاهرة انتقال جزيئات الماء عبر غشاء شبه منفذ من منطقة ذات تركيز مخفف للذوائب إلى منطقة ذات تركيز أعلى للذوائب دون الحاجة لاستهلاك طاقة كما مبين في شكل (١). الغشاء الشبه منفذة semi-permeable يسمح بنفوذ الماء (المذيب) ولا يسمح بنفوذ المذاب (solute) حتى الوصول الى حالة التوازن. إن عملية التناضح العكسي تستلزم دفع المياه و بضغط مرتفع يسمح لها بتخطي الغشاء باتجاه عكسي لما هو حاصل في الحياة الطبيعية والذي يؤدي إلى نفاذ المياه النقية عبر الغشاء وتحصر بذلك الايونات المالحة في منطقة ملوحة عالية .تعتمد طريقة التناضح العكسي على الخاصية التناضحية، حيث تستخدم الضغوط المسلطة على أسطح الأغشية للتغلب على الضغط التناضحي

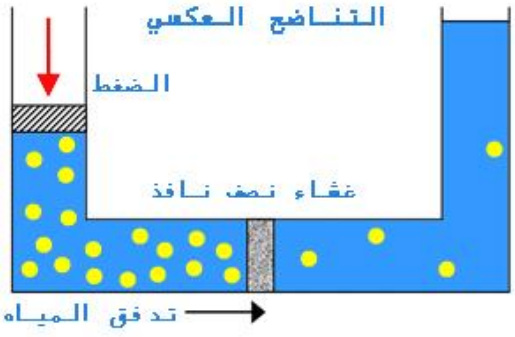
* Corresponding author:
Dr. Abbas Hadi Abbas
✉ abbas.hadi@uosamarra.edu.iq

الطبيعي للماء، فإذا وضع غشاء شبه منفذ بين محلولين متساويين في التركيز تحت درجة حرارة وضغط متساويين لا يحدث إي مرور للمياه عبر الغشاء نتيجة تساوي الجهد الكيميائي على جانبيه، ومتى ما أضيف ملح قابل للذوبان لأحد المحلولين ينخفض الضغط ويحدث تدفق تناضحي للماء من الجانب الأقل ملوحة إلى الجانب الأكثر ملوحة حتى تتحقق حالة التوازن السابقة. ويحدث هذا التوازن عندما يصبح فرق الضغط في كتلة السائل الأكثر ملوحة مساويا للضغط التناضحي، وهي خاصية من خواص السوائل ليس لها علاقة بالغشاء.

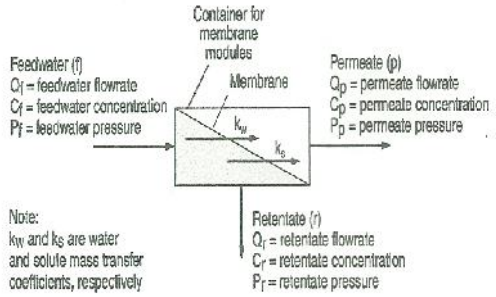



**شكل (١):** التناضح الطبيعي.

وعند توجيه ضغط مساو للضغط التناضحي على سطح المحلول الملحي يتم التوصل أيضا إلى حالة التوازن ويتوقف سريان المياه من خلال الغشاء. وإذا رفع الضغط إلى أكثر من ذلك فان الجهد الكيميائي للسائل سيرتفع ويسبب تدفقا عكسيا للماء من المحلول الملحي باتجاه المحلول الأقل ملوحة وهو ما يعرف بالتناصح العكسي كما مبين في شكل (٢) وفاعلية طريقة التناضح العكسي في التخلص من الأملاح ممتازة تصل إلى أكثر من ٩٩% وكذلك فان أغشية التناضح العكسي لها قدرة على التخلص من البكتيريا والجراثيم والعناصر الضارة الموجودة في المياه. الشكل (٣) يبين مخطط للتناضح العكسي يبين فيه تصريف ماء التغذية Qf وتركيزه Cf وتصريف الماء المرفوض Qr وتركيزه Cr وتصريف الماء المنتج Qp وتركيزه Q p.




**شكل (٢ ):** التناضح العكسي RO




**شكل ( ٣):** مخطط لغشاء التناضح العكسي Takashi Asano (*et.al* 2007).

لحساب الضغط التناضحي تستخدم عدة معادلات ومنها هذه المعادلة:

$$\pi = \frac{0.0385\ TDS(t+273)}{1000 - \frac{TDS}{1000}} \quad \text{..... (1) (Ibrahim S. Al-Mutaz } et.al\text{)}$$

حيث إن : π الضغط التناضحي psi

t : درجة الحرارة °C

TDS : الأملاح الذائبة الكلية ملغم\لتر

وعلى هذا الأساس ١٠٠٠ ملغم\لتر TDS في المياه المراد تحليته يكافئ تقريبا π = 11.5 psi ( 0.78 bar ) عند درجة حرارة ٢٥ درجة مئوية.

يعبر رفض الأملاح عن فعالية الغشاء لإزالة الأملاح من الماء ويمكن إن يحسب من العلاقة التالية.

$$\text{Salt Rejection \%} = \left(1 - \frac{product\ TDS}{feed\ TDS}\right) \times 100 \quad \text{.....(2) (Takashi Asano } et.al\text{)}$$

إما معدل الاستعادة لماء التغذية لنظام التناضح العكسي يعطى بالمعادلة التالية

$$\text{Recovery rate \%} = \left(\frac{Qp}{Qf}\right) \times 100 \quad \text{.....(3) ( Takashi Asano } et.al\text{)}$$

حيث إن Qp = تصريف الماء المنتج ( م$^3$\ ثا)

Qf= تصريف ماء التغذية ( م$^3$\ ثا)

في دراسة قام به Maria Dina Afonso وآخرون (٢٠٠٤ ) عن تحلية المياه الجوفية باستخدام تقنية التناضح العكسي في الأردن فقد قاموا بجمع عينات من الماء المالحة الجوفية ل ١٣ بئر في منطقة الزرقاء. تم فحص الخصائص النوعية للمياه الجوفية قبل التحلية وقد تراوحت القيم بالمديات pH (6.8- 7.4) والتوصيلية الكهربائية ( 3070-4270) مايكرو موز \سم و TDS ( 1632-3072) ملغم\لتر والفوسفات (0.02-0.03) ملغم\لتر والسيلكا (17-25) ملغم\لتر والكلوريدات (593-1610) ملغم\ لتر والعسرة الكلية على شكل $CaCO_3$ (680-1200) ملغم\لتر والنترات ( 25- 121) ملغم\لتر والكالسيوم (185-230 ) ملغم\لتر والمغنسيوم (84-102) ملغم \لتر والصوديوم (266-492) ملغم\لتر والقاعدية الكلية على شكلCaCO3 (204-480) ملغم\لتر.

لقد تم استخدام غشاء نوع SW30-2521 . تم الحصول على معدل استعادة الماء water recovery ratio بمقدار ٧٧.٥% ونسبة رفض الأملاح Rejection اكبر من ٩٨.٥%.

في دراسة قام بها Ibrahim S. Al-Mutaz وMohammad A. Al-Ghunaimi (2001) حول أداء وحدات التناضح العكسي بدرجات الحرارة العالية لتحلية المياه الجوفية من الآبار العميقة في منطقة الرياض بالمملكة العربية السعودية حيث تكون درجات الحرارة تلك المياه بحدود ٥٠- ٦٠ م° . حيث يتم تبريدها لحدود المقبولة لاستخدام تلك المياه على أغشية التناضح العكسي والتي تتراوح بين ٣٥ـ٤٥ م° باستخدام مبردات مياه جافة cascade chillers. بينت النتائج بالاستناد على تحليل نظري وباستخدام برمجيات حاسوبية FilmTech software بان ماء التغذية الاسخن يؤدي إلى نتائج وأداء أفضل. حيث بينت النتائج إن تدفق الماء من أغشية التناضح العكسي زاد بنسبة ١٦% ، ٣٤.٤% ، ٥٥% بدرجات الحرارة ٣٠ م°، ٣٥م°،٥٥م° على التعاقب قياسا إلى درجة حرارة ٢٥ م° كما قلل الماء الساخن من الضغط المسلط وبالتالي قلل من استهلاك الطاقة كذلك فان الملوحة في الماء المنتج قد قلت

في دراسة قام بها Mohamed Belkacem وآخرون (٢٠٠٧). بخصوص تحلية المياه الجوفية باستخدام تقنية التناضح العكسي في الجزائر تمثلت خصائص المياه الجوفية الخام بالخصائص التالية: الكدرة ١.٣ NTU، التوصيلية الكهربائية ١٢٨٠ µs/cm ، الكالسيوم ١٥٩ ملغم \لتر، المغنسيوم ٢٣ ملغم \لتر، الكلوريدات ٢١٨ ملغم \لتر، الكبريتات ١٣٠ ملغم \لتر ، الصوديوم ٩٢ ملغم \لتر، البوتاسيوم ١ ملغم \لتر، النترات ٣٣.٥ ملغم \لتر، القاعدية ٣١٠.٤ ملغم \لتر، TDS 964.22 ملغم \لتر، pH ٧.٢٢

تم استخدام مرشح تناضح عكسي نوع LE-440 Film (BW30 Tec). حققت المنظومة كفاءة إزالة للكدرة ١٠٠% للتوصيلية الكهربائية ٩٧% للكالسيوم ٩٥.٤٧% للمغنسيوم ٩٢ % للكلوريدات ٩٢.٩٨% للكبريتات ٩٩.٢٨% الصوديوم ٩٥.٩٨% البوتاسيوم ٩٣.٤% النترات ٨٨.١٨% القاعدية ٩٥.٥% ال TDS ٩٦.٦٨%. بينت الدراسة أيضا انخفاض تدفق المنتج بنسبة ١٠% خلال ٢٠ أسبوع من التشغيل نتيجة للانسداد fouling الحاصل بالغشاء.

في دراسة قام بها G.R. Lashkaripour و M. Zivdar (2005) حول إزالة الأملاح من المياه الجوفية في مدينة زاهدان في إيران باستخدام تقنية التناضح العكسي. حيث أن هذه المدينة تقع في واحدة من أكثر المناطق جفافا في إيران. تحتوي هذه المدينة على حشرج غير محصور. هذا الحشرج بكمياته المحدودة من المياه الجوفية العذبة هو المصدر الوحيد لتجهيز الماء لإغراض الزراعة، الإغراض المنزلية والصناعية وجزء من ماء الشرب مساحة الحشرج هي ١٢٠ كم$^2$ يقع في شمال زاهدان. لقد ازدادت الملوحة في العقود الحالية نتيجة لقلة شحن المياه الجوفية والتطور السريع للمدينة والازدياد السريع في النمو السكاني. إن هذه المنطقة قيد الدراسة لها طقس جاف و تتمتع بسقوط مطري محدود للغاية بمعدل ٩٤ ملم\سنة وان معدل التبخر المحتمل تقريبا ٢٨٠٠ ملم\سنة . إن معدل ال TDS للمياه الجوفية في منطقة زاهدان هو ٢٩٣٠ ملغم\ لتر. تم استخدام منظومة تناضح عكسي صنعت من خلال شركة Avab Sant Co. لتحلية المياه الجوفية المالحة وكانت سعة هذه المنظومة لحد ١٩٢٠ م$^3$\ يوم وقد انتج مياه مطابقة لموصفات منظمة الصحة العالمية WHO وندرج أدناه في الجدول (١) التحليل الكيمياوي للمياه الجوفية المالحة قبل التحلية وبعد التحلية.

| الخاصية | المياه الخام ( قبل التحلية) | المياه المحلاة |
|---|---|---|
| **التوصيلية الكهربائية µs/cm** | ٥٤٠٠ | ٢٧٠ |
| **pH** | 6.8 | 6.3 |
| **TDS ملغم\لتر** | ٢٩٣٠ | ١٤٠ |
| **العسرة الكلية بدلالة CaCo3 ملغم\لتر** | ٧٤٠ | ٢٥ |
| **الكالسيوم ملغم\لتر** | ١٢٨ | ٤ |
| **المغنسيوم ملغم\لتر** | ١٠٠.٨ | ٣.٤ |
| **الصوديوم ملغم\لتر** | ٨٨٣.٢ | ٤٨.٣ |
| **الكلوريد ملغم\لتر** | ٧٨١ | ٣١.٩٥ |
| **الكبريتات ملغم\لتر** | ١٠٨٠ | ٥٢.٨ |
| **البوتاسيوم ملغم\لتر** | ٢٥.٣٥ | ١.١٧ |
| **النترات ملغم\لتر** | ٦٣.٨ | ٨.٣٦ |
| **الفوسفات ملغم \لتر** | ٠.٠٨ | ٠ |
| **الحديد ملغم\لتر** | ٠.٠٢ | ٠.٠٢ |
| **المنغنيز ملغم\لتر** | ٠.٠٦٤ | ٠.٠٢٧ |

**جدول (١):** التحليل الكيمياوي للمياه الجوفية المالحة قبل وبعد التحلية في منظومة التناضح العكسي في زاهدان - إيران.

الجانب العملي:

**أولا:** خصائص المياه الجوفية الخام Characteristics of Raw Groundwater

تم إجراء فحص دوري لعدة خصائص للمياه الجوفية المأخوذة من موقع كلية الزراعة في جامعة تكريت العراق ولمدة ٤ أشهر بواقع مرة كل شهر ( تشرين الثاني – كانون

الأول - كانون الثاني- شباط) من بئر يبلغ عمق الماء الجوفي من الأرض الطبيعية ٢٧ متر وتم الفحص حسب الطرق القياسية لفحص المياه ومياه الفضلات Standard Methods for the examination of Water and Wastewater 20th Edition 1998 والجدول (٢) يبين خصائص المياه الجوفية الخام وتواريخ اخذ النماذج وطريقة الفحص.

| ت | الخاصية والوحدات | تاريخ العينة ٢٠١١\١١\٢٠ | تاريخ العينة ٢٠١١\١٢\٢٦ | تاريخ العينة ٢٠١٢\١\١٢ | تاريخ العينة ٢٠١٢\٣\٢١ | طريقة الفحص |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ١ | pH | ٧.٧ | ٧.٦ | ٧.١ | ٦.٧ | pH-meter digital |
| ٢ | درجة الحرارة م° | ٢٣.٣ | ٢٣.٤ | ٢٣.٢ | ٢٣ | Temp.-meter digital |
| ٣ | الكدرة NTU | ٠.٣٥ | ٠.٤١ | ٠ | ٠.٨ | Turbidity meter HANNA |
| ٤ | TDS ملغم\لتر | ١٤٥٠ | ١٥٤٠ | ١٥٠٠ | ١٦٧٠ | TDS-meter |
| ٥ | µs/cm Ec | ٢٠٤٠ | ٢٥٢٠ | ٢١٤٠ | ٢٥٠٠ | Ec- meter |
| ٦ | العسرة الكلية على شكل CaCo3 ملغم\لتر | ١٦٠٠ | ١٨٠٠ | ١٧٠٠ | ١٧٠٠ | التسحيح باستخدام Na2EDTA |
| ٧ | الكالسيوم ملغم\لتر | ٤٨٠ | ٥٦١ | ٤٨٠.٩ | ٤٥٠ | التسحيح باستخدام Na2EDTA |
| ٨ | المغنسيوم ملغم\لتر | ٩٧.٢ | ٩٦.٦ | ١٢١.٥ | ١٤٠ | الطريقة الحسابية |
| ٩ | القاعدية على شكل CaCo3 ملغم\لتر | ٢٠٠ | ٢٠٠ | ١٦٠ | ١٦٠ | التسحيح مع حامض الكبريتيك 0.02N وصبغة المثيل البرتقالية |
| ١٠ | الكلوريدات ملغم\لتر | ٣٩٩.٨ | ٣٩٩.٨ | ٢٤٩.٤ | ٣٨٠ | التسحيح باستخدام نترات الفضة وكرومات البوتاسيوم ككاشف |
| ١١ | الكبريتات ملغم \ لتر | ٢٦٥ | ٤٠٥ | ٥٠٠ | ٣٠٠ | Sulphate meter Digital HANNA HI 93751 |
| ١٢ | الصوديوم ملغم\لتر | ٦١.٨٧ | ٧٢.٢٥ | ٨١.٢٥ | ٦٥.٦٢٥ | Flame photometer |
| ١٣ | الرصاص ملغم\لتر | ٠ | ٠ | ٠ | ٠ | Atomic absorption |
| ١٤ | الحديد ملغم\لتر | ٠.٨ | ٠.٢ | ٠.٢ | ٠.٢ | Atomic absorption |

**جدول (٢):** خصائص المياه الجوفية الخام وطريقة الفحص.

**ثانيا:** الجهاز المستخدم مرشح التناضح العكسي المستخدم هو TW30-1812-50 والمبين في الشكل رقم (٤ ).

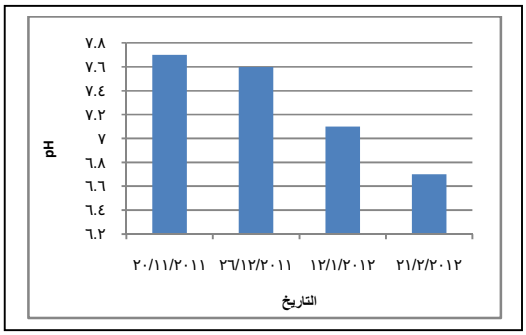
**شكل (٤):** صورة للمنظومة المختبرية المستخدمة في الدراسة.

**ثالثا:** استخدام برنامج ٧٢ ROSA للتصميم والتحليل لمنظومات التناضح العكسي وهو من إصدار شركة DOW الأمريكية وهو ROSA 72 Reverse Osmosis System Analysis

## النتائج والمناقشة :-

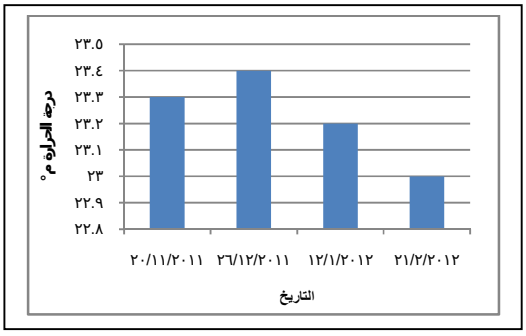
### اولاً- المياه الجوفية الخام:

١. pH : يبين الشكل (٥) نتائج الرقم الهيدروجيني pH للفترات المبينة ومن الملاحظ ان القيم تميل الى التعادل ثم ينخفض إلى الحامضية البسيطة pH=6.7 في ٢١-٢-٢٠١٢. لايوجد فرق كبير لمحددات التناضح العكسي بالنسبة لل pH في الماء الجوفي الخام لذلك تم استخدامه مباشرة بدون تعديل. ان السبب في تعديل الرقم الحامضي لحدود ٦.٥ هو لمنع ترسبات كاربونات الكالسيوم وتحسين رفض الأملاح (وضاح خمجو ٢٠٠٨).



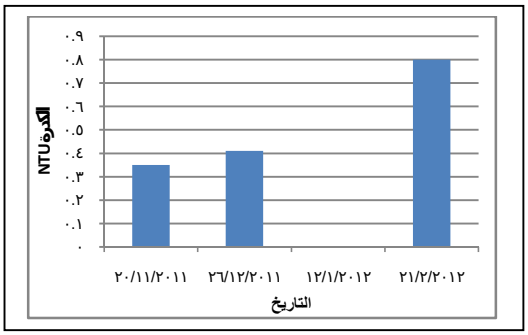

**شكل (٥)**: الرقم الهيدروجيني للماء الجوفي الخام.

٢. درجة الحرارة يبين الشكل (٦) نتائج درجة الحرارة للماء الجوفي الخام ومن الملاحظ ان درجة الحرارة تميل إلى الثبات رغم وجود تباين طفيف جدا وهذا متوافق مع ماذكره طارق(١٩٨٩). تعمل أغشية التناضح العكسي لدرجات تصل إلى ٤٠ درجة مئوية وأكثر لكن كفاءة الإزالة تقل مع ارتفاع درجة الحرارة (Ibrahim and Mohammad 2001).




**شكل (٦):** درجة الحرارة للماء الجوفي الخام.

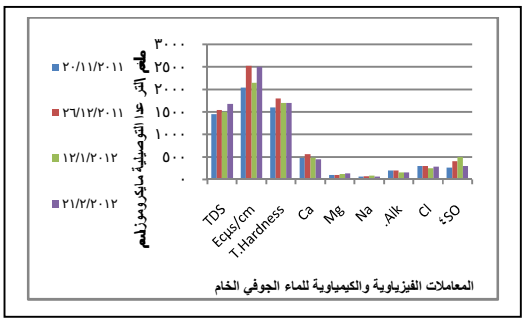
٣. الكدرة: الشكل (٧) يبين كدرة الماء الجوفي الخام ومن الملاحظ ان الكدرة طفيفة جدا وهذا متوافق مع اغلب الدراسات. من ان المياه الجوفية تتميز بقلة الكدرة كون ان التربة تعمل بمثابة وسط ترشيح. ومن الملاحظ ان الكدرة اقل من 1NTU وعلى الرغم من ان الكدرة تحت ال 1NTU لاتسبب تلف الاغشية وانسدادها لكن يتم دائما الاعتماد على مؤشر كثافة الطمى SDI عند استخدام الترشيح بالتناضح العكسي الذي يعطي مؤشرا لتلف الاغشية بينما الكدرة تعطي مؤشرا لعكارة الماء او احيانا تعطي مؤشرا لتركيز المواد العالقة بصورة غير مباشره رغم ان الكدرة غير دقيقة لتخمين المواد العالقة لان بعض المواد العالقة شفافة. لذلك يتم الاعتماد على ال SDI ويفضل ان يكون اقل من ٣ ـ ٥. فاذا كان ال SDI اكبر من ٥ يتم المعالجة المسبقة للماء الخام لازالة المواد العالقة ومنع تلف وانسداد اغشية التناضح العكسي. (Takashi Asano *et.al*, 2007).




**شكل ( ٧ ):** الكدرة في الماء الجوفي الخام.

٤. الخصائص النوعية الأخرى: الشكل (٨) يوضحتراكيز الخصائص النوعية للمياه الجوفية الخام حسب الفترات المبينة بالشكل. فبالنسبة للأملاح الكليةTDS فقد تراوحت بين ١٤٥٠ـ ١٦٧٠ ملغم\ لتر وهو مستوى عالي للملوحة ولايمكن استخدامه للشرب المباشر حسب المواصفة العراقية ٤١٧ لسنة ٢٠٠١ لماء الشرب والتي تحدد بان الحد المرغوب الاقصى هو ٥٠٠ ملغم\لتر وعليه يتطلب إزالة للأملاح إذا أريد استخدامه للشرب كذلك يلاحظ إن التوصيلية الكهربائية تراوحت بين ٢٠٤٠ـ٢٥٢٠ مايكروموز \سم وان هناك تناسب خطي بين الأملاح الذائبة الكلية TDS والتوصيلية الكهربائية فقد تراوحت النسبة TDS \ EC (0.61-0.71) وهو متوافق مع ماجاء به سعاد ومحمد(١٩٩٠). يلاحظ مستويات عالية للعسرة الكلية في الماء الجوفي الخام تراوحت ب ١٦٠٠ـ١٨٠٠ ملغم \ لتر وهو ماء شديد العسرة حيث ان الحد المرغوب به للعسرة في ماء الشرب ٨٠ـ١٥٠ ملغم\ لتر وأقصى حد يمكن قبوله هو ٥٠٠ ملغم\ لتر حسب المواصفة العراقية ٤١٧ لسنة ٢٠٠١ لماء الشرب وتعود أسباب العسرة الى ارتفاع تراكيز ايوني الكالسيوم والمغنسيوم اللذان لوحظ وجودهما بنسبة مرتفعة في الماء الجوفي الخام اذ كان مدى الكالسيوم في الماء الخام ٤٥٠ـ٥٦١ ملغم \لتر والحد المقبول للكالسيوم حسب المواصفة العراقية ٤١٧ لسنة ٢٠٠١ لماء الشرب هو ٧٥ـ ٢٠٠ ملغم \ لتر أما المغنيسيوم فكان ٩٦.٦ـ١٤٠ ملغم \ لتر ورغم ان الحد المرغوب للمغنسيوم ٥٠ ملغم \ لتر لكن أقصى حد يمكن قبوله ١٥٠ ملغم \ لتر حسب المواصفة العراقية ٤١٧ لسنة ٢٠٠١. ويعزى ارتفاع تراكيز الكالسيوم إلى ذوبان الترب الجبسية الذي التي تمتاز بها ترب محافظة صلاح الدين (موقع الدراسة) أما المغنسيوم فيعود الى ذوبان الصخور الجيرية والدولومايت (عامر ٢٠٠١) اما الكلوريدات فهي ايضا متوسطة الارتفاع. وسبب الكلوريدات هو تسرب مياه الفضلات المدنية وتسرب مياه المبازل والمياه الزراعية اما القاعدية فتراوحت بين ١٦٠ـ٢٠٠ ملغم\لتر والحد الاعلى من المدى اعلى من الحد المرغوب به لكنه ضمن الحد المسوح به لماء الشرب. تم التحري أيضا عن اثنين من المعادن الثقيلة في الماء الجوفي الخام هما الرصاص والحديد. لم يؤشر وجود للرصاص أما الحديد فقد تراوح بيت ٠.٢ـ٠.٨

ملغم\لتر والحد الأعلى من المدى أعلى من الحد المرغوب محددات العراق لماء الشرب بالنسبة للحديد التي تحدده ٠.٣ ملغم\لتر رغم ان الحد الاقصى المسموح ١ملغم\لتر اما الصوديوم فقد تراوح بين ٨١.٢٥-٦١.٨٧ ملغم\ لتر وهو مستوى متوسط حسب المحددات العالمية(EPA) التي تحدده لماء الشرب ب ٢٠-١٧٥ ملغم\لتر. والعراقية ٢٠٠ ملغم\لتر كحد اقصى.

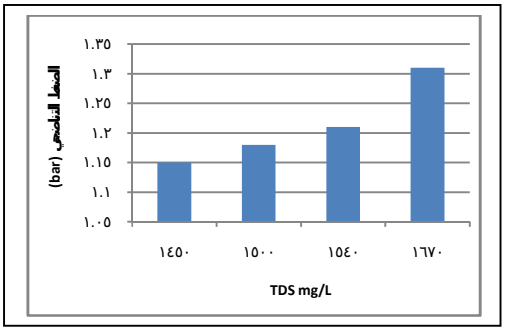



**شكل (٨):** المعاملات الفيزياوية والكيمياوية للماء الجوفي الخام.

٥. حساب الضغط التناضحي للماء الخام :باستخدام المعادلة رقم (١) يكون الضغط التناضحي كما مبين في جدول (٣).

| التاريخ | درجة الحرارة°م | TDS ملغم\لتر | الضغط التناضحي π (Psi) | الضغط التناضحي π(bar) |
|---|---|---|---|---|
| ٢٠١١/١١/٢٠ | ٢٣.٣ | ١٤٥٠ | ١٦.٥٦ | ١.١٥ |
| ٢٠١١/١٢/٢٦ | ٢٣.٤ | ١٥٤٠ | ١٧.٦٠ | ١.٢١ |
| ٢٠١٢/١/١٢ | ٢٣.٢ | ١٥٠٠ | ١٧.١٣ | ١.١٨ |
| ٢٠١٢/٢/٢١ | ٢٣.٠ | ١٦٧٠ | ١٩.٦ | ١.٣٢ |

**جدول (٣):** الضغط التناضحي للماء الجوفي الخام.




**شكل (٩):** الضغط التناضحي نسبة إلى الأملاح الذائبة الكلية.

ومن الواضح من جدول (٣) وشكل (٩) ان الضغط التناضحي يتناسب طرديا مع ال TDS وهذا يعني كلما زاد ال TDS تطلب التغلب علية بضغط إضافي ليتم إزالة الأملاح في منظومة التناضح العكسي. كذلك تساهم درجة الحرارة في زيادة الضغط التناضحي وبالتالي تكون كفاءة الإزالة لمنظومة التناضح العكسي اقل في إزالة الأملاح في درجات الحرارة العالية.

**ثانياً: تشغيل المنظومة ومواصفات الماء المعالج permeate والمنبوذ (المرفوض) Brine (Retentate) ومناقشة النتائج:**

تم تشغيل منظومة التناضح العكسي لتحلية وإزالة الأملاح في المياه الجوفية ولمعرفة الخصائص الكمية والنوعية للماء المعالج premeate والمرفوض brine وكما مبين بالجدول (٤).

| التاريخ | معدل تصريف الماء الداخل بواسطة المضخة لتر\ دقيقة | معدل تصريف الماء المعالج لتر \ دقيقة | معدل تصريف الماء المرفوض لتر\دقيقة |
|---|---|---|---|
| ٢٠١١/١٢/٢٦ | ٠.٤ | ٠.٠٣١ | ٠.٣٦٩ |
| ٢٠١٢/٢/٢١ | ٠.٤ | ٠.٠٢٧ | ٠.٣٧٣ |

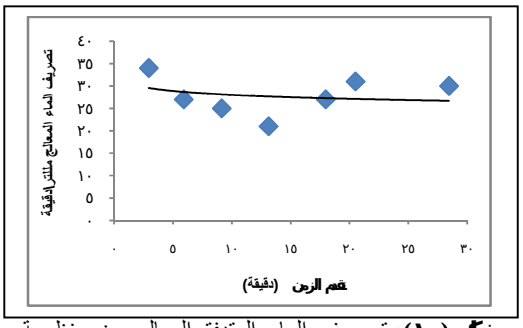
**جدول(٤):** يبين الخصائص الكمية لماء التغذية ومعدل تصريف الماء المعالج ( النقي) والمرفوض( المالح).

**١. النسبة المئوية لاستعادة الماء Recovery Rate %**

وعلى هذا الأساس يكون معدل استعادة الماء (النسبة المئوية لاستعادة الماء%) Recovery Rate % حسب المعادلة رقم (٣) ٧.٧٥% و ٦.٧٥ % ليومي 26/12/2011 و21/2/2012 على التعاقب. ويلاحظ إن نسبة الاستعادة قليل حيث من المفروض أن يصل الى حدود15- ٢٠% وقد يعزى السبب إلى زيادة تركيز الأملاح ادت الى انسداد جزئي في المسامات وبالتالي قلل من الماء المعالج المتدفق كما يلاحظ ان نسبة الاستعادة قد قلت من ٧.٧٥% في 26/12/2011 الى ٦.٧٥% في ٢٠١٢/٢/٢١ وهذا ما يؤكد

السبب السابق. يمكن زيادة المتدفق بزيادة الضغط المسلط بشرط أن يتحمل الغشاء إي زيادة في الضغط المسلط.

ويبين الشكل (١٠) تصريف الماء المعالج المتدفق permeate مع تقدم الزمن خلال فترة ترشيح زمنية معينة (٣٠ دقيقة) بصورة مستمرة ويلاحظ انخفاض في تصريف الماء المعالج ويعزى السبب الى انسداد بعض المسام نتيجة التصاق الايونات في سطح الغشاء.




**شكل (١٠):** تصريف الماء المتدفق المعالج من منظومة التناضح العكسي مع تقدم الزمن.

### ٢. لنسبة المئوية لرفض الأملاح Salt Rejection Percentage of

بالاستناد إلى المعادلة رقم (٢) فان الجدول ( 5) يبين النسبة المئوية لرفض الأملاح.

| التاريخ | تركيز TDSفي ماء التغذية ملغم\لتر | تركيز TDSفي الماء المعالج ملغم\لتر | النسبة المئوية لرفض الأملاح % | كمية الأملاح المزالة ملغم\دقيقة |
|---|---|---|---|---|
| ٢٠١١/١٢/٢٦ | ١٥٤٠ | ١٢٠ | ٩٢.٢٠ | ٥٦٨ |
| ٢٠١٢/٢/٢١ | ١٦٧٠ | ١٨٠ | ٨٩.٢٢ | ٥٩٦ |

**جدول (5):** النسبة المئوية لتدفق الأملاح.

ومن الملاحظ إن هنالك انخفاض طفيف في النسبة المئوية لرفض الأملاح من ٩٢.٢% في ٢٠١١\١٢\٢٦ إلى ٨٩.٢٢% في ٢٠١٢\٢\٢١ لكن كمية الأملاح المزالة والتي تساوي التصريف الداخل×كمية الأملاح المزالة في التاريخ الأخير هي اكبر كما مبين بالجدول ( ٥).

### ٣. كفاءة إزالة مظومة التناضح العكسي للمكونات الفيزياوية والكيميائية للماء الجوفي

ان الهدف من استخدام منظومة التناضح العكسي هو لتحلية الماء وجعله صالحا وامنا للشرب والاستخدامات المنزلية الأخرى وحسب المحددات والمواصفات لمياه الشرب. ورغم إن بعض التراكيز الموجود في الماء الخام تقع ضمن الحدود المقبولة لماء الشرب إلا إن البعض الأخر يقع خارج حدود المواصفات وهو لوحدها يكون حاكما لعدم إمكانية استخدام الماء للشرب المباشر والمقصود ال TDS والعسرة والكالسيوم إما الكلوريدات والكبريتات فرغم وقوعها ضمن الحدود القصوى المقبولة فانها أعلى من الحد المرغوب لماء الشرب حسب المواصفة العراقية ٤١٧ لسنة ٢٠٠١.

ان ارتفاع تراكيز الأملاح الكلية والعسرة في الماء الجوفي الخام تجعل تجعل الماء غير مستساغ الطعم خصوصا حيث يتحد الكلوريد مع الصوديوم ليعطي الطعم المالح إضافة إلى العسرة العالية التي تجعل من الماء الجوفي الخام صعب الاستخدام للإغراض المنزلية _ بسبب عسرته العالية إضافة للطعم الغير مستساغ بسبب العسرة. إما بالنسبة للتلوث البيولوجي فان المياه الجوفية تتميز على العموم بعدم تلوثها احيائيا كما يشير الدكتور طارق احمد محمود (١٩٨٩). بسبب الترشيح خلال حركة الماء الجوفي بالتربة الذي يزيل اغلب البكتريا والإحياء المجهرية إضافة ورغم ذلك فان هذا لا يدعو إلى نفي احتمال حدوث تلوث إحيائي بالمياه الجوفية .

ان تقنية التناضح العكسي تعتبر أفضل تقنية كفوءة وأمينه وموثوقة في إزالة الأملاح والمواد العالقة والبكتريا والفايروسات.

تم إجراء تحليل نوعي للمياه الجوفية المرشحة من خلال منظومة التناضح العكسي (Permeate) وكانت النتائج كما مبين في الجدولين ٦ و٧.

| الخواص | الوحدة | الماء الجوفي الخام | الماء النقي المرشح Permeate | كفاءة الازالة % |
|---|---|---|---|---|
| TDS | ملغم\لتر | ١٥٤٠ | ١٢٠ | ٩٢.٢ |
| التوصيلية االكهربائية | µs/cm | ٢٥٢٠ | ٢٢٠ | ٩١.٢٦ |
| الكدرة | NTU | ٠.٤١ | ٠.١٩ | ٥٣.٦٥ |
| العسرة الكلية على شكل CaCo3 | ملغم\لتر | ١٨٠٠ | ٨٠ | ٩٥.٥٥ |
| القاعدية | ملغم\لتر | ٢٠٠ | ٦ | ٩٧.٠٠ |
| الكالسيوم | ملغم\لتر | ٥٦١ | ٢٠ | ٩٦.٤٣ |
| المغنيسيوم | ملغم\لتر | ٩٦.٦ | ٧.٧٧ | ٩١.٩٥ |
| الكلوريدات | ملغم\لتر | ٣٩٩.٨ | ٢٢.٩ | ٩٤.٢٧ |
| الكبريتات | ملغم\لتر | ٤٠٥ | ٣٩ | ٩٠.٣٧ |
| الصوديوم | ملغم\لتر | ٧٢.٢٥ | ٢.٦٢٥ | ٩٦.٣٦ |
| الحديد | ملغم\لتر | ٠.٢ | Nil | ١٠٠ |

جدول (٦) : التحليل النوعي للماء الخام والنقي المرشح وكفاءة الإزالة لعينة يوم ٢٠١١\١٢\٢٦.

| الخواص | الوحدة | الماء لجوفي الخام | الماء النقي المرشح Permeate | كفاءة الازالة % |
|---|---|---|---|---|
| TDS | ملغم\لتر | ١٦٧٠ | ١٨٠ | ٨٩.٢٢ |
| التوصيلية الكهربائية | µs/cm | ٢٥٠٠ | ٣٠٠ | ٨٨.٠ |
| الكدرة | NTU | ٠.٨ | ٠.١٥ | ٨١.٢٥ |
| العسرة الكلية على شكل CaCo3 | ملغم\لتر | ١٧٠٠ | ١٠٠ | ٩٤.١١ |
| القاعدية الكلية | ملغم\لتر | ١٦٠ | ٦ | ٩٦.٢٥ |
| الكالسيوم | ملغم\لتر | ٤٥٠ | ٣٢ | ٩٢.٨٨ |
| المغنسيوم | ملغم\لتر | ١٤٠ | ٤.٨٦ | ٩٦.٥٢ |
| الكلوريدات | ملغم\لتر | ٣٨٠ | ٢٤ | ٩٣.٦٨ |
| الكبريتات | ملغم\لتر | ٣٠٠ | ٤٣ | ٨٥.٦٦ |
| الصوديوم | ملغم\لتر | ٦٥.٦٢٥ | ١٥.٩٣ | ٧٥.٧٢ |
| الحديد | ملغم\لتر | ٠.٢ | Nil | ١٠٠ |

**جدول (٧):** التحليل النوعي للماء الخام والنقي المرشح وكفاءة الإزالة لعينة يوم ٢٠١٢\٢ \٢١.

ومن خلال النتائج المستحصلة يلاحظ ارتفاع كفاءات الإزالة للمركبات الكيمياوية للماء الجوفي الخام لمستويات عالية يرافقه انخفاض مستوى الأملاح إلى مستويات متدنية.

وبالرغم من ان كفاءة الازالة العالية لأية منظومة معالجة للمياه ومنها تقنية التناضح العكسي يكون مرغوب من الناحية التقنية والهندسية ويدل على كفاءة عمل جيدة الا ان إزالة تراكيز بعض الأملاح لدرجة عالية يكون غير جيد خصوصا اذا كان استخدام الماء لغرض الشرب المباشر اذ ان الإنسان يحتاج نسبة معينه من الأملاح لإغراض النمو والقيام بنشاطاته فعلى سبيل المثال يكون الكالسيوم مهما لنمو العظام والأسنان وخاصة للأطفال والشباب في طور البناء والنمو كذلك فان قلة الكالسيوم في جسم الانسان يسبب الانهاك والتعب وعلى ذلك يتم أما إضافة العناصرالضرورية للماء النقي من منظومات التااضح العكسيPermeate او من الناحية العملية يتم إجراء مزج جزء من الماء الخام بمعادلة رياضية مع الماء النقي blending عن طريق مبدأ اتزان الكتلة mass balance و غالبا ما تستخدم هذه الطريقة في مصانع إنتاج المياه المعبأة bottled water لكونها عملية واقتصادية ( C. C. Lee, and Shun Dar Lin٢٠٠٧).

### ٤. الاملاح الذائبة الكلية TDS في الماء المرفوض Retentate

الجدول (٨) يبين تركيز الTDS في الماء المرفوض مقارنة بالTDS للماء الجوفي الخام.

| التاريخ | للماء الجوفي TDS الخام ملغم\لتر | للماء الجوفي TDS المرفوض ملغم\لتر |
|---|---|---|
| ٢٠١١\١٢\٢٦ | ١٥٤٠ | ١٥٣٠ |
| ٢٠١٢\٢\٢١ | ١٦٧٠ | ١٦٠٠ |

**جدول (٨):** ال TDS للماء الجوفي الخام والمرفوض من غشاء التناضح العكسي.

ويلاحظ وجود انخفاض طفيف (وقد كان من المفترض ان يكون التركيز أعلى في الماء المرفوض من خلال معادلة اتزان الكتلة mass balance ) وقد يعزى ذلك إلى ترسب الأملاح من الماء الجوفي الخام على سطح الغشاء المواجه للضغط مما أدى إلى انخفاض التركيز. وعند حدوث الترسبات يستوجب غسل الأغشية من خلال منظومة غسل باستخدام حامض الستريك ٢% او الهيدروكلورك ٠.٥%

لازالة ترسبات كاربونات الكالسيوم لاطالة عمر الغشاء الذي يتراوح قبل الغسل بحدود ١.٥ سنة. (وضاح خمجو ٢٠٠٨).

**٥. الضغط المستعمل في هذه المطومة**

اقل ضغط مطلوب لهذه الأغشية هو ٥٠ psi حسب تعليمات الشركة المنتجة. علما إن الضغط لهذه المضخة هو ١٠٠ psi. وتتناسب الضغوط المطلوبة تناسبا طرديا مع درج ملوحة مياه التغذية.حيث تتراوح ما بين ١٧ إلى ٢٧ بارا (٢٥٠ – ٤٠٠ psi) في حالة المياه قليلة الملوحة التي تتراوح ملوحتها بين ٢٠٠٠ ـ ١٠٠٠٠ ملغم\لتر، بينما تتراوح الضغوط المطلوبة بين ٤٥ إلى ٨٠ بارا ( ٨٠٠ – ١١٨٠ psi) لمياه البحار المالحة مثل مياه الخليج العربي والتي تصل فيها الملوحة الى ٤٥٠٠٠ ملغم\لتر.

**٦. تنفيذ برنامج ROSA 72 لتصميم منظومة التناضح العكسي**

تم تنفيذ برنامج ROSA 72 بادخال البيانات المطلوبة حسب الخصائص التي تم الحصول عليها عمليا وكانت النتائج حسب التقرير النهائي للبرنامج وكما مبين يالجدول ( ٩).

**Project Information:**

**Case-specific:**

**System Details**

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Feed Flow to Stage 1 | 0.30 m³/h | Pass 1 Permeate Flow | 0.05 m³/h | Osmotic Pressure: | |
| Raw Water Flow to System | 0.30 m³/h | Pass 1 Recovery | 15.00 % | Feed | 1.34 bar |
| Feed Pressure | 7.30 bar | Feed Temperature | 23.4 C | Concentrate | 1.57 bar |
| Flow Factor | 0.85 | Feed TDS | 1670.01 mg/l | Average | 1.46 bar |
| Chem. Dose (100% $H_2SO_4$) | 0.00 mg/l | Number of Elements | 1 | Average NDP | 5.47 bar |
| Total Active Area | 2.60 M² | Average Pass 1 Flux | 17.46 lmh | Power | 0.08 kW |
| Water Classification: Well Water SDI < 3 | | | | Specific Energy | 1.69 kWh/m³ |

| Stage | Element | #PV | #Ele | Feed Flow (m³/h) | Feed Press (bar) | Recirc Flow (m³/h) | Conc Flow (m³/h) | Conc Press (bar) | Perm Flow (m³/h) | Avg Flux (lmh) | Perm Press (bar) | Boost Press (bar) | Perm TDS (mg/l) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | TW30-2540 | 1 | 1 | 0.30 | 6.96 | 0.00 | 0.26 | 6.87 | 0.05 | 17.46 | 0.00 | 0.00 | 19.65 |

**جدول (٩):** التقرير النهائي لبرنامج ROSA72.

**الاستنتاجات والتوصيات**

أولاً – الاستنتاجات:

١. ارتفاع تراكيز المياه الجوفية الخام في موقع جامعة تكريت من خلال فحص ميداني لمدة ٤ اشهر من تشرين الثاني ٢٠١١ ـ شباط ٢٠١٢ اذ ان TDS والعسرة الكلية والكالسيوم كانت خارج حدود المواصفة العراقية لماء الشرب. لايمكن استخدامه للشرب المباشر ويتطلب القيام بالتحلية.

٢. أثبتت منظومة التناضح العكسي المختبرية كفائتها العالية _ بتقليل المكونات الفيزياوية والكيمياوية ليكون الماء ضمن المحددات المقبولة لمياه الشرب حيث تم استخدام غشاء من نوع TW30-1812-50 وكانت نتائج كفاءة الازالة كالاتي: للأملاح الذائبة الكلية TDS (92.2–89.22)% وللتوصيلية الكهربائية (88.0- 91.26)% وللكدرة (53.65-٨١.٢٥)% وللعسرة الكلية (94.11-95.55)% وللقاعدية الكلية (96.25-٩٧.٠٠)% وللكالسيوم (92.88-96.43)% وللمغنسيوم (91.95- 96.52) وللكلوريدات (93.68-94.27)% وللكبريتات (85.66- 90.37)% وللصوديوم (٧٥.٧٢ - 96.36)% وللحديد ١٠٠%.

٣. النسبة المئوية لاستعادة الماء في المنظومة المختبرية تراوح بين (٦.٧٥-٧.٧٥) %.وان تصريف الماء المتدفق (المعالج) يقل مع تقدم الزمن خلال فترة ترشيح واحدة.

ثانياً- التوصيات:

١. دراسة تأثير بعض المركبات التي تسبب تلف الغشاء بعمر مبكر كالكبريتات ومحاولة ايجاد معالجة لها قبل الترشيح.

٢. دراسة إنتاجية الماء المتدفق من منظومة التناضح العكسي مع مختلف الضغوط المسلطة.

٣. دراسة إمكانية الاستفادة من المياه الجوفية الخام لإنتاج ماء صالح للشرب باستخدام منظومة تناضح عكسي مكبرة(Scale-up RO system) ومقارنتها مع بديل متمثل نصب وحدة إسالة في الجامعة لمعالجة المياه السطحية (Compact Unit) من ناحية الكلفة ونوعية الماء وكميته والصيانة.

٤. دراسة إمكانية استخدام منظومات منزلية لتقنية التناضح العكسي لإنتاج ماء أمين صحيا للساكنين بالأرياف و الذين يعتمدون على الماء الجوفي كمصدر للشرب في البرية في الوقت الحاضر.

٥. زيادة الوعي بتحلية الماء الجوفي باستخدام التناضح العكسي مستقبلا بالعراق سيما وان العراق مقبل على انخفاض شديد في منسوبي نهري دجلة والفرات واحتمال الجفاف على مستوى الخمسين سنة القادمة بسبب إنشاء السدود في تركيا مع زيادة النمو السكاني

في العراق الأمر الذي يؤدي الى زيادة الطلب على الماء الصالح للشرب.

**المصادر والمراجع:**


Abbas Hadi Abbas (2016). "RO softens brackish groundwater in Tikrit, Iraq". Water Reuse &Desalination. Vol. (7) Issue (1).

C.C. Lee and Shun Dar Lin (2007). "Handbook of Environmental Engineering Calculations, 2nd edition McGraw-Hill Company.

G.R. Lashkaripour and M. Zivdar (2005). " Desalination of brackish ground water in Zahdan City in Iran " Desalination Journal 177 .1-5.

Ibrahim, S. Al-Mutaz and Mohammad A. Al-Ghunaimi (2001). Performance of Reverse Osmosis Units at High Temperatures The IDA World Cogress on Desalination and Water Reuse, Bahrain,

Maria Dina Afonsoa, Jamal 0. Jaberb, Mousa, and S. Mohsenb (2004). "Brackish groundwater treatment by reverse osmosis in Jordan" Desalination Journal 164 157-171 www.eisevteccomllocam/desal

Mohamed Belkacem, Sadia Bekhti and Kenza Bensadok (2007). "Groundwater Treatment by reverse Osmosis " Desalination Journal 206 100-106.

Sawyer and McCarty (1978). "Chemistry for Environmental McGraw-Hill Company page 62 Engineering" 3rd Edition.

Standards Methods for the examination of water and wastewater (1998). 20th edition.

Takashi Asano, Franklin L. Burton, Harold L. Leveren, Ryujiro Tsuchihashi,and George Tchobanoglous (2007). "Water Reuse" First Edition McGraw-Hill Company

طارق احمد محمود ( ١٩٨٩). علم وتكنولوجيا البيئة – كلية الهندسة – جامعة الموصل.

و ضاح خمجو (٢٠٠٨). التناضح العكسي وتقنياته" كلية الهندسة – جامعة جلب "

محمد المعالج وصالح بوقشة –واقع وآفاق تحلية المياه في الوطن العربي ومدى إمكانية استخدام الطاقات المتجددة – جامعة الدول العربية –إدارة برنامج العلوم والبحث العلمي.

سعاد عبد عباوي ومحمد سليمان حسن (١٩٩٠) – الهندسة العملية للبيئة –فحوصات الماء –جامعة الموصل.

عامر احمد غازي مني (٢٠٠١) – سبل حماية وتحسين بيئة المصانع –الطبعة الثالثة.


# Softening of Groundwater in Tikrit University by Using Reverse Osmosis Membrane Technique


Abbas Hadi Abbas

Dept. of Civil Engineering - College of Engineering - University of Samarra



**Abstract**:

This research is accomplished to the soften of groundwater at Tikrit University site by using reverse osmosis (RO) membrane system. RO type TW 30 -1812- 50 is used in this research. The system achieved water recovery rate percentage between 6.75%-7.75 % and salt rejection percentage ranged between 89.22%-92.2% .Also the results showed high removal efficiency for physical and chemical concentrations of raw groundwater for TDS (89.22-92.2 %, EC (88.٠-91.29)%, Turbidity (53.65-81.25)%. Total Hardness (94.11-95.55 %, Alkalinity (96.25-97.٠٠) %, Ca (92.88-96.43) %, Mg (91.95-96.52)%, Cl (93.68-94.27)%, SO4 (85.66-90.37)%, Na (75.72-96.36)%, and Fe 100%. ROSA 72 software program is used in designing of reverse osmosis then the results were satisfied and accepted.