مجلة جامعة الملك سعود، م١٨، العلوم(٢)، ص ص ٦٩-٩٣ ، الرياض (١٤٢٦هـ/٢٠٠٥م)

الحل التقني الأمثل لسلامة أجهزة التقطير المخبرية في المناطق ذات مياه الشرب غير المعالجة

إيمان مصطفى البكري

كلية التربية للبنات بجازان، الأقسام العلمية، فاكس: ٠٧/٣٢٢٥٩٦٩ ،جازان، المملكة العربية السعودية

(قُدِّم للنشر في ١٤٢٥/٣/٢٨هـ؛ وقبل للنشر في ١٤٢٦/٥/٢٠هـ)

ملخص البحث. أكدت دراساتنا السابقة أن مياه الشرب التي تغذي مدينة جازان لا تخضع لأي معالجة ولو كانت تهدف إلى إزالة المواد العالقة ، وبينت هذه الدراسات أن هذه المياه ذات طبيعة ترسبية تؤدي مع مرور الزمن إلى سد أقنية الجر التي تمر خلالها. لذلك فإن هدف هذا البحث هو إيجاد حل تقني مناسب لحماية أجهزة التقطير المخبرية في الكلية والتي تعاني من العطل المتكرر بسبب ترسب المواد العالقة والمواد الصلبة الذائبة (T.D.S)وتراكمها على وشيعة التسخين وداخل أنابيب وحدة التبريد.

تم تقدير متوسط كمية المواد الصلبة الذائبة والتي بلغت (٩٨٠ ملغم/لتر) لمياه الشرب التي تغذي المدينة و (١١٢ ملغم/لتر) لمياه التحلية ومتوسط كمية العسر الكلي والتي بلغت (٤٥٦ ملغم/لتر كربونات كالسيوم) لمياه الشرب و(٣٨ ملغم/لتر كربونات كالسيوم) لمياه التحلية وفقاً للطريقة المذكورة في المواصفتين القياسيتين الخليجية ١١٦/١٩٨٩م و ٦٤١/١٩٩٦م على الترتيب ، كما تم تقدير متوسط كمية المواد العالقة والتي بلغت (٥٠٠ ملغم/لتر) بطريقة فرن التجفيف والمدروسة بنيتها باستخدام جهاز حيود أشعة إكس (X-ray Diffraction PW).

بينت حسابات اتزان المادة والحرارة لخط تقني دوّار يربط جهاز التقطير طراز (Water Stills GFL 2004) بخزان مياه تحلية علوي سعة (٢م^3) يغذي وحدة التبريد ومنها لوحدة التقطير أنها ستؤدي إلى خفض

كمية الماء المهدور من حوالي (٧٤ لتر/ساعة) إلى حوالي (٤٤ لتر/ساعة) وإلى زيادة إنتاجية الجهاز من (٣,٤لتر/ساعة) إلى حوالي (٤,١لتر/ساعة) ماء مقطر أي بنسبة ٢٠٪ ويقلل الفقد المادي لحدود ٤٪ مع عدم وجود هدر بالماء نتيجة إعادة المياه الخارجة من وحدة التبريد عن طريق تدّويرها بعد تجميعها في خزان سفلي وضخها في نهاية كل أسبوع إلى الخزان العلوي.

أظهرت الحسابات أن مقدار المواد الصلبة الذائبة في مياه الخزان لن تزيد على ٣٨٠ ملغم/لتر بعد عام كامل من استخدام الخط التقني الجديد بمعدل ٤ساعات عمل يومياً على مدى خمسة أيام أسبوعياً وبمعدل إعادة ملء للخزان حوالي (١م٣) مرة كل ١١ أسبوع بتكلفة سنوية لمياه التحلية (٦٥٠) ريال تقريباً في حين كانت تكلفة الصيانة السنوية تزيد على ٧٠٠٠ ريال.

يحقق الخط التقني المدروس وفرة اقتصادية تزيد على ٨٠٪ مقارنة بالتكلفة السابقة، كما أنه يؤمن وفر في هدر المياه يصل إلى (٤٤ ألف لتر سنوياً)، وكما هو معلوم فإن المياه تعتبر ثروة وطنية يجب أن نحافظ عليها ويسهم هذا البحث في المحافظة على هذه الثروة المهمة...

المقدمة

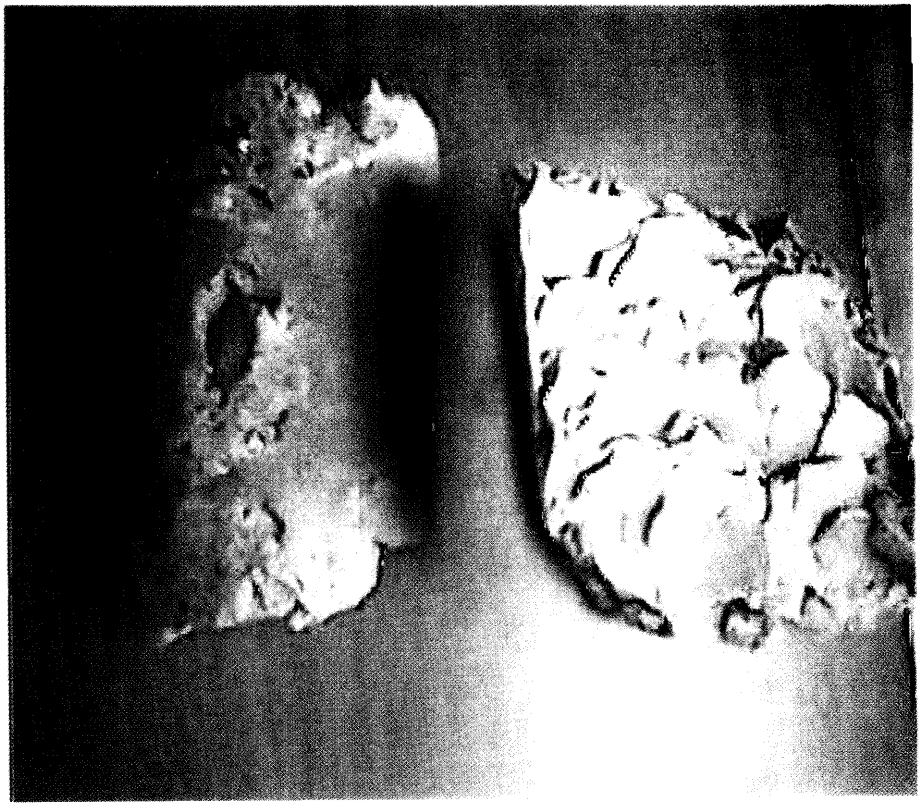
تعتبر عملية تأمين المياه المقطرة لمختبرات الكليات العلمية من الأمور المهمة الواجب توافرها لتحقيق عملية تعليمية متكاملة، حيث لا يمكن الوصول لأي نتائج عملية دقيقة في المختبرات وخاصة مختبرات الكيمياء دون استخدام المياه المقطرة بالتحضير. ورغم توافر أجهزة التقطير في أغلب الكليات إلا أن هذه الأجهزة تتعرض للعطب. وتزداد سرعة العطب في حال تزويد هذه الأجهزة مباشرة بمياه ذات عسر عالي وغير معالجة معالجةً أولية. و تعتبر طريقة المعالجة براتنجات المبادلات الأيونية من الطرق المهمة التي تمكّن من خفض العسر الكلي للماء ولكنها تفقد فعاليتها بسرعة في حال احتواء الماء على مواد طينية عالقة. كما وتتوقف الجدوى الاقتصادية لاستخدامها على

طبيعة الراتنج المستخدم وقدرته التبادلية من جهة وعلى طبيعة وكمية الأيونات المتبادلة من جهة أخرى [١].

تتعدد طرق المعالجات الأولية للمياه بهدف إزالة العكر الناتج من المواد العضوية والطينية المرافقة وبهدف خفض العسر الكلي. وتعتبر عملية المعالجة الكيميائية باستخدام المروّبات ككبريتات الألمنيوم، كلوريد الحديد، كبريتات الحديد الثنائي و الكلس من الطرق الرئيسية واسعة الانتشار في هذه المعالجة [٢] . ويتوقف أسلوب تنقية المياه بالمملكة العربية السّعودية طبقًا لنوعية الماء الخام ومصدره وأهداف استخدامه، وغالبًا ما تشتمل محطات تنقية المياه الجوفية العميقة على عمليات التيسير والترشيح وإزالة الأملاح باستخدام التناضح العكسي أو الفرز الكهربائي ثم التعقيم، أما محطات تحلية مياه البحر في المملكة، وبخاصة المحطات الكبيرة فغالبًا ما يستخدم فيها التبخير الوميضي متعدد المراحل لإزالة الأملاح الذائبة يليها الإعذاب بالتناضح العكسي [٣]. وتعد محطة الجبيل (٢) من أكبر محطات تحلية مياه البحر العاملة بالتبخير الوميضي متعدد المراحل، وقد وصل إنتاج جميع المحطات في المملكة عام ١٤٢١هـ حوالي (٢,٣٦٤,٠٠٠ م^٣/يوم) [٤].

تقع مدينة جازان جنوب المملكة على ساحل البحر الأحمر، وتغذى بمياه الشرب من وادي جازان الغني بالمياه تحت السطحية من آبار قرية الماطري الواقعة شرقي المدينة على بعد حوالي ٢٥ كم. وقد أكدت دراساتنا السابقة [٥ و ٦] أن مياه الشرب هذه لا تخضع لأي معالجة أولية بهدف إزالة المواد العالقة بها، وأن هذه المياه ذات طبيعة ترسبية تؤدي مع الزمن إلى سد أقنية الجر التي تمر خلالها [الشكل رقم (١)].

كما ويتوافر في المنطقة محطات وحدات مياه تحلية تؤمن مياهها للمستهلك بوساطة صهاريج نقل المياه ويبلغ ثمن ١٠ لتر منها ريالاً واحدًا.



الشكل رقم (١). الترسبات المشاهدة داخل أنابيب شبكة مياه الشرب العامة

يهدف هذا البحث إلى إيجاد حل تقني مناسب لحماية أجهزة التقطير المخبرية في كلية التربية للبنات بجازان والتي تعاني من التعطل المتكرر، وذلك بمعدل مرة أو مرتين في الشهر بسبب تراكم المواد العالقة وترسب المواد الصلبة الذائبة (T.D.S) حتى داخل أنابيب وحدة التبريد، ويمكن تنفيذ هذا الحل التقني بالقيام بالخطوات التالية :

١- إجراء تحاليل كيميائية بهدف تحديد العسر الكلي والعسر الدائم ومتوسط كمية المواد الصلبة الذائبة لكل من مياه الشرب (مياه شبكة البلدية) ومياه التحلية.
٢- تقدير متوسط كمية المواد الطينية العالقة بمياه الشرب والتي تم دراسة بنيتها باستخدام جهاز حيود أشعة-أكس طراز (X-ray Diffraction PW 1710/00).
٣- دراسة مرجعية لمعدلات نسبة الرطوبة والحرارة في مدينة جازان.
٤- إجراء تحليل كيميائي لطبقة الرواسب المترسبة داخل وحدة التقطير لتحديد نسبة السيليس ونسبة الكالسيوم فيها.
٥- مراقبة الناقلية الكهربائية للماء المنتج لمتابعة جودة الإنتاج.
٦- إجراء حسابات توازن المادة والحرارة لجهاز تقطير طراز(Water Stills GFL2004) وفق الشروط الواقعية المحيطة ومقارنتها بما هو وارد بدليل الجهاز.
٧- تصميم وتنفيذ خط تقني دوّار للجهاز المدروس يعتمد على ماء التحلية في تغذية وحدة التبريد ومنها إلى وحدة التقطير بحيث يتم تجميع ماء تصريف الجهاز ليعاد استخدامه ثانية في تغذية الجهاز.
٨- تحديد النسبة المئوية لزيادة الإنتاجية وانخفاض الفقد المادي والوفر في الماء المهدور.
٩- دراسة الجدوى الاقتصادية المتوقعة من الخط التقني الدّوار.

جمع المعلومات والطرق الوصفية

أولاً: إجراء تحاليل كيميائية. لمياه الشبكة التي تغذي الكلّية ولمياه التحلية المتوافرة بالمنطقة وفقًا للطرق البحثية التالية:

١- تقدير كل من كمية المواد الصلبة الذائبة وكمية العسر الكلي والدائم وفقاً للمواصفات القياسية الخليجية ١١٦/١٩٨٩م و ٦٤١/١٩٩٦م على الترتيب.

٢- تقدير متوسط كمية المواد العالقة في مياه الشرب (مياه شبكة البلدية) باستخدام طريقة فرن التجفيف بحيث يجفف ٢٥٠سم٣ من الماء مباشرة بدون أي معالجة أولية، وفقًا للطريقة الموضحة بالمواصفة القياسية الخليجية ١١٦/١٩٨٩م. وفي نفس الوقت يتم تثفيل كمية مماثلة من المياه باستخدام مثفلة مخبرية ماركة KUBOTA) (2010 بسرعة تصل إلى ٣٠٠٠ دورة/دقيقة ومن ثم ترشيحها بورق ترشيح دقيق ماركة (Whatman cat No 1001 090, 1) وبعد ذلك تجفيفها، وبحيث تحسب كمية المواد العالقة من الفرق بين وزني نواتج التجفيف.

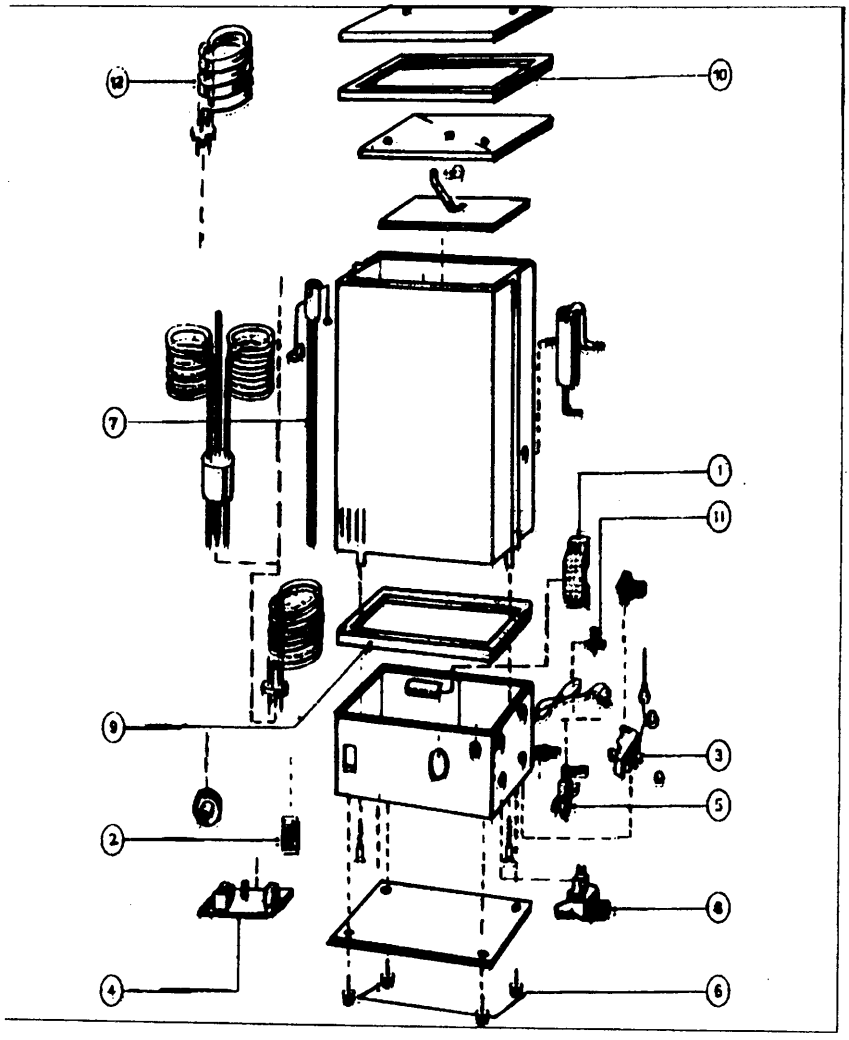
ثانيًا:

١- دراسة مقدرة الرواسب المتشكلة في جهاز التقطير المدروس على الذوبان بمحلول مركز من حمض كلوريد الهيدروجين (٣عياري) وتحديد نسبة الكالسيوم في هذه الرواسب عن طريق معايرة الرشاحة بالإديتا EDTA، وتقدير نسبة السيليس بالطريقة الوزنية[٧].

٢- قياس الناقلية الكهربائية لمنتج التقطير باستخدام جهاز الناقلية ماركة جن وي (4071Jenway)، دقة الجهاز(١ميكروموز/سم)، لمراقبة جودة الإنتاج.

ثالثًا:

دراسة الخواص التقنية لجهاز التقطير طراز(Water Stills GFL 2004) [الشكل رقم(٢)] وفقًا للمواصفة الموضحة بالجدول رقم (١):

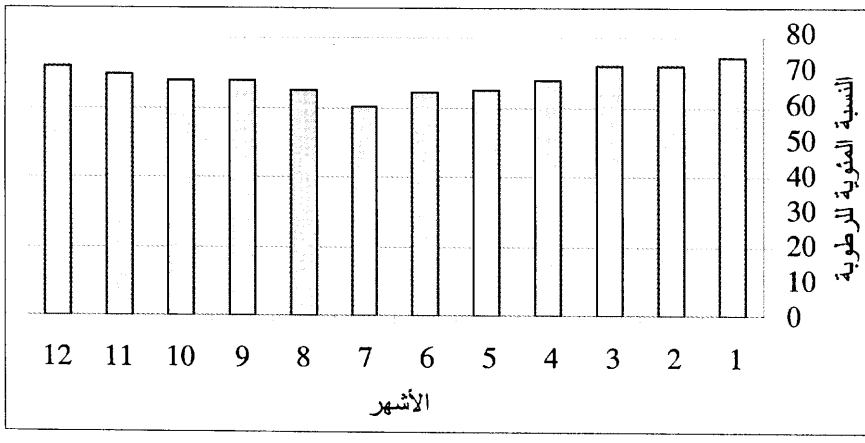


الشكل رقم (٢). جهاز التقطير طراز (Water Stills GFL 2004)

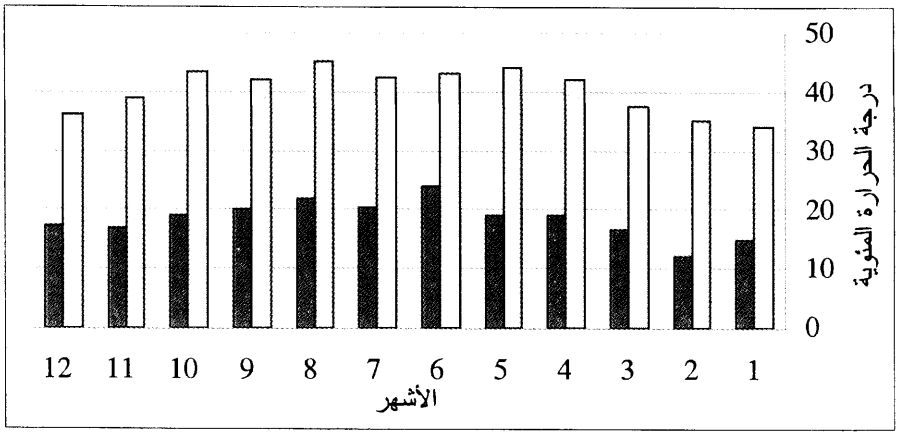
الجدول رقم (١). مواصفات جهاز التقطير طراز(Water Stills GFL 2004)

م	الخاصية	مقدارها	معنى الأرقام في الشكل رقم (٢)
١	الأبعاد: ارتفاع×عرض×طول	٦٢٠×٣٣٠×٤٦٠ ملليمتر مكعب	١- مفتاح تلامس داخلي
٢	الوزن (بدون/ممتلئ بالماء)	٣٤/٢٢ كيلوغرام	٢- المفتاح الرئيسي
٣	سعة خزان وحدة التقطير	٨ لتر ماء للتقطير	٣- قاطع لدى انخفاض مستوى الماء
٤	إنتاجية التقطير	٤ لتر/ساعة	٤- مفتاح تحكم الكتروني
٥	ضغط الماء	٣بار< ضغط <٧بار	٥- محبس تصريف الماء المقطر
٦	نوعية القطّارة	محتوى منخفض بالغاز	٦- مساند مطاطية
٧	التوصيل الكهربي للقطّارة	تقريباً ٢,٣ ميكروموز/سم بالدرجة ٢٠°م	٧- قطب الكتروني للتحكم بالمستوى
٨	الكهرباء	٢٣٠فولت +/-١٠٪ ٣,٠٤كيلوواط، ٥٠-٦٠هيرتز	٨- صمام للوشيعة
٩	الشروط المحيطة	يستخدم فقط داخل المباني، بعيدًا عن المواد القابلة للانفجار	٩- سدادة مطاطية
١٠	ارتفاع أعظمي	٢٠٠٠م عن مستوى سطح البحر	١٠- سدادة مطاطية
١١	نسبة الرطوبة	حد أعظمي ٨٠ ٪ عند ٣١°م تصبح كحد أعظمي ٤٠٪ عند ٤٠°م	١١- محبس للبخار
١٢	غزارة تدفق ماء التبريد	٠,٨ لتر/ دقيقة	١٢- وشيعة للتسخين
١٣	غزارة تدفق الماء لوحدة التقطير	٠,٥ لتر/ دقيقة	

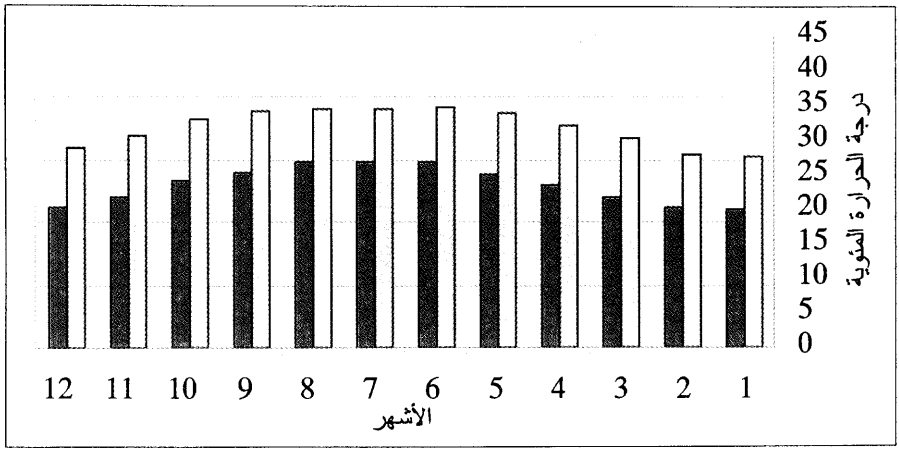
رابعًا: الحصول على متوسط معدلات نسبة الرطوبة الشهرية ومتوسط درجات الحرارة العظمى والصغرى الشهرية ودرجات الحرارة الحدية العظمى والصغرى الشهرية للأعوام الممتدة من ١٩٧٦ - ٢٠٠٢م عن طريق مصلحة الأرصاد الجوية وحماية البيئة (مركز المعلومات والوثائق العلمية - بمدينة جازان) والتي تبين أن متوسط معدلات الرطوبة بالمدينة تتراوح بين (٦١٪-٧٤٪) [الشكل (٣)] ، كما وبلغت درجات الحرارة الحدية (١٣°م-٤٦°م)[الشكل (٤)] بمتوسط معدل لدرجات الحرارة تراوح بين(٢٢°م-٣٨,٥°م) وبمتوسط حسابي لدرجة حرارة الجو نهارًا ٣٥°م علمًا أنه تراوحت متوسط قيم درجات الحرارة نهارًا خلال جميع أشهر السنوات المدروسة بين (٣١°م -٣٨,٥°م) [الشكل(٥)].



الشكل رقم (٣). معدلات متوسط نسبة الرطوبة لأشهر السنة في مدينة جازان للأعوام من ١٩٧٦ - ٢٠٠٢م



الشكل رقم (٤). درجات الحرارة الحدية الشهرية العظمى والصغرى للأعوام الممتدة من ١٩٧٦ – ٢٠٠٢ م



الشكل رقم (٥). متوسط درجات الحرارة الصغرى والعظمى الشهرية لمدينة جازان للأعوام من ١٩٧٦ – ٢٠٠٢ م

مناقشة النتائج

أولاً:

أظهرت نتائج التحاليل الكيميائية لمياه شبكة الشرب العامة خلال فترات زمنية مختلفة أن كمية المواد الصلبة الذائبة تتراوح بين(٩٦٠ – ٩٩٨ ملغم/لتر) وأن كمية الأملاح الذائبة تزداد بزيادة درجة حرارة الجو وكذلك كمية العسر الكلي والتي تراوحت قيمتها بين (٤٣٤-٤٧٠ ملغم/لتر كربونات كالسيوم) وأما العسر الدائم فكانت قيمته ثابتة تقريبًا بين (٢٦٤-٢٦٨ ملغم/لتر كربونات كالسيوم) [الجدول رقم (٢)].

الجدول رقم (٢). نتائج بعض التحاليل الكيميائية لمياه شبكة الشرب العامة

درجة حرارة الماء	مواد صلبة ذائبة ملغم/لتر	العسر الكلي (كربونات كالسيوم) ملغم/لتر	العسر الدائم (كربونات كالسيوم) ملغم/لتر	العسر المؤقت (كربونات كالسيوم) ملغم/لتر	كمية المواد العالقة ملغم/لتر
٣٠°م	٩٦٠	٤٣٤	٢٦٤	١٧٠	٤٩٢
٣٥°م	٩٨٢	٤٥٨	٢٦٨	١٩٠	٥٠٠
٣٦,٥°م	٩٩٢	٤٦٢	٢٦٧	١٩٥	٤٩٧
٣٨,٥°م	٩٩٨	٤٧٠	٢٦٨	٢٠٢	٤٩٥
متوسط حسابي	**٩٨٣**	**٤٥٦**	**٢٦٧**	**١٨٩**	**٤٩٦**

يمكن تعليل ما سبق من معرفة العلاقات الرياضية لتابعية كل من K_1 (ثابت التأين الأول لحمض الكربون) و K_2 (ثابت التأين الثاني لحمض الكربون) لدرجة الحرارة من العلاقتين التاليتين[٨]:

$$LogK_1 = -356.3094-0.060920T+21834.37/T+126.8339LogT-1684915/T^2$$

$$LogK_2 = -107.8871-0.032528T+5151.79/T+38.92561LogT-563713.9/T^2$$

إن زيادة درجة الحرارة يؤدي إلى زيادة تأين أملاح الكربونات وبالتالي تزيد من ذوبانها وهذا يتفق مع ما ورد في [٢] حيث إنه يشير إلى أن ذوبانية الكالسيت عند درجة حرارة ٢٥°م يبلغ ٠,٠٠١٤٪ ليصبح ٠,٠٠٢٪ عند الدرجة ١٠٠°م. مما سينعكس سلبًا على جودة منتج التقطير كما سنرى.

ثانيا:

توضح النتائج المذكورة في الجدول رقم (٢) أن قيم المواد العالقة بمياه شبكة البلدية تتراوح بين (٤٩٠-٥٠٠ملغم/لتر)، وقد قمنا سابقاً بدراسة التركيب البنيوي للرواسب المتشكلة في أقنية جر المياه باستخدام جهاز حيود أشعة-إكس (X-ray diffraction PW 1710/00) والموضحة نتائجها في [٥] والمبينة أن الكالسيت هي المادة ذات النسبة الأكبر والسبب في ذلك هو طبيعة الماء الترسيبية. أما الجزء غير المنحل من المواد العالقة فأغلبه كوارتز والناتج عن طبيعة تربة المنطقة.

ثالثا:

بلغت نسبة أملاح الكالسيوم في طبقة الرواسب المتشكلة ضمن وحدة التقطير ٩١,٧٪ محسوب على أساس كربونات الكالسيوم، وأما نسبة السيليس فقد بلغت ٦٪

محسوب على أساس ثنائي أكسيد السيليس. إن وجود السيليس ضمن الراسب يعيق سهولة تنظيف جهاز التقطير بمحلول التنظيف والمبين تركيبه الكيميائي بدليل الجهاز والمؤلف من ١٠٪ حمض الفورميك +١٠٪ حمض الخل +٨٠٪ ماء مقطر. يعود السبب في ذلك إلى درجة النعومة الفائقة للمواد العالقة وأبعاد أقطارها الصغيرة جدًا والتي تمكنها من الدخول ضمن مسامات سطح جدران وحدة التقطير والسطح الداخلي والخارجي لأنابيب التبريد [٥].

رابعا:

أظهرت عملية مراقبة جودة أداء جهاز التقطير وفقا لحساب الناقلية للماء الناتج عن عملية التقطير، النتائج المبينة بالجدول رقم (٣):

الجدول رقم (٣). تغير ناقلية الماء المقطر مع تزايد استخدام الجهاز

مسلسل	عدد اللترات المنتجة من الماء المقطر	ناقلية الماء المقطر (ميكروموز/سم)
١	١٠	٨
٢	٥٠	٩
٣	١٠٠	١٠
٤	١٥٠	١٢
٥	٢٠٠	١٥
٦	٢٥٠	١٩
٧	٣٠٠	٢٣

بالنظر إلى النتائج السابقة نجد أن ناقلية الماء المقطر منذ بدء الإنتاج لم تكن مطابقة للمواصفات المتوقعة من الجهاز، حيث يشير دليل الجهاز إلى أن قيمة الناقلية

يجب أن تكون تقريبا ٢,٣ ميكروموز/سم. إن السبب في ذلك يعود إلى ما تم توضيحه سابقًا بشأن واقع الماء المستخدم في الإنتاج، زيادة انحلالية الكالسيت بزيادة درجة الحرارة وتزايد تراكم الرواسب الكلسية مع تزايد استخدام الجهاز، مما يؤدي إلى تردي جودة ماء التقطير المنتج.

خامسا:

أظهرت دراسة الاتزان المادي والحراري لجهاز التقطير المدروس ما يلي:

(١) إن النسبة المئوية للفقد الحراري تصل إلى ٨٪، وهذه القيمة تقع ضمن الحدود المسموح بها، حيث أن المراجع العلمية تشير إلى أن الفقد الحراري يجب أن لا يزيد على ١٠٪ [١١]. علمًا أن طريقة الحساب قد اعتمدت على مقارنة الزمن الواقعي لبدء التقطير والبالغ ١٣ دقيقة، بالزمن الذي تم تحديده حسابيا والبالغ ١٢ دقيقة وفق الشروط الواقعية المحيطة بالجهاز:

$$\tau = \theta / w * 60$$

حيث: τ- الزمن اللازم لبدء تشكل القطارة مقدرًا بالدقيقة.

W – الاستطاعة الكهربائية للجهاز والبالغة ٣ كيلوواط (الجدول رقم(١)).

θ - الطاقة اللازمة للوصول بالماء إلى درجة الغليان مقدرة بالكيلوجول. والمحسوبة من العلاقة:

$$\theta = C_{p,w} G_w . \Delta t$$

حيث: Δt– الفرق بين درجة حرارة الماء عند الغليان $t_d \leq ١٠٠$°م ودرجته الابتدائية t_w والتي تم تقديرها على أساس متوسط درجة حرارة المحيط الخارجي نهارا والبالغ ٣٥°م.

$C_{p,w}$– السعة الحرارية للماء مقدرة بالكيلوجول/كلغم.م° والمحسوبة من العلاقة الآتية [٩]:

$$C_{p,w}= 4.2129 - 4.1868 * 10^{-3} * t_w + 10.7182 * 10^{-4} * t_w^{1.3} - 14.65 * 10^{-7} * (t_w - 114.3)$$

G_w– كمية الماء في خزان التقطير مقدرة بالكغم.

$$G_w= M_w * \rho_w$$

M_w– سعة خزان وحدة التقطير مقدرة باللتر.

ρ_w– كثافة الماء مقدرة بالكغم/لتر والمحسوبة من العلاقة التالية [١٠]:

$$\rho_w= 1002.2 - 0.128 * t_w - 3.084 * 10^{-3} * t_w^3$$

(٢) إن النسبة المئوية للفقد المادي تصل إلى حوالي ١٥٪ وهي نسبة عالية، وسببها يعود إلى الطبيعة الترسبية للماء الذي يزود به الجهاز؛ كما بيّنا سابقًا؛ والتي تؤدي إلى ترسب الأملاح على الجدار الداخلي لأنابيب التبريد مما يعيق ويقلل سرعة عملية التبادل الحراري مؤديًا إلى تسرب جزء من بخار الماء إلى خارج الجهاز قبل أن يتكثف. وقد تم حساب النسبة المئوية للفقد المادي بالاعتماد على مقارنة قيمة الإنتاجية الواقعية للجهاز والتي بلغت ٣,٤كغم/ساعة، بقيمة الإنتاجية المتوقعة من الجهاز من بخار الماء، والذي سيتكثف بدوره ليتحول إلى ماء مقطر.

بينت الحسابات أن القيمة المتوقعة للإنتاجية ٣,٩٥ كغم/ساعة وذلك بعد الأخذ بعين الاعتبار النسبة المئوية للفقد الحراري المحددة سابقا، مع العلم أن دليل الجهاز يشير إلى أن الإنتاجية ٤ كغم/ساعة.

$$G_d = 0.92 \times W / (i - C_{p,w} * t_w)$$

حيث: G_d– انتاجية الجهاز من بخار الماء مقدرة بالكغم/ساعة.

i – إنتاجية البخار مقدرة بالكيلوجول/كغم (تبلغ قيمته في شروط عمل الجهاز ٢٦٧٥كيلوجول/كغم[١٢]).

(٣) أن غزارة تصريف الماء يصل حسابيًا إلى حوالي ٧٤ لتر/ساعة [الجدول رقم (١)] ما بين مياه خارجة من وحدة التبريد والبالغة ٤٨ لتر/ساعة ومياه زائدة عن وحدة التقطير والبالغة حوالي ٢٦ لتر/ساعة، والتي يتم فقدها مجتمعةً ضمن شبكة الصرف الصحي.

سادسا:

أكدت نتائج تحليلنا لمياه التحلية المنتشرة بالمنطقة انخفاض كمية المواد الصلبة الذائبة فيها والتي تراوحت بين٩٠ – ١٤٢ ملغم/لتر بمتوسط حسابي ١١٢ ملغم/لتر وبمتوسط كمية عسر كلي ٣٨ ملغم/لتر وعسر مؤقت ١٤ملغم/لتر [الجدول رقم (٤)].

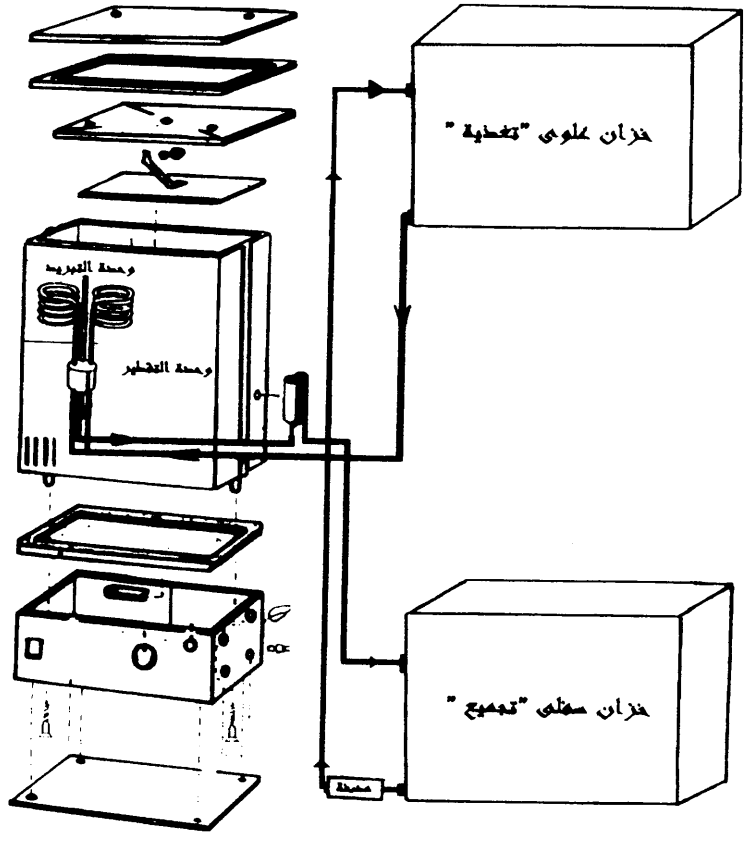
الجدول رقم(٤). نتائج بعض التحاليل الكيميائية لمياه التحلية المنتشرة في المنطقة

رقم العينة	T.D.S ملغم/لتر	العسر الكلي (كربونات كالسيوم) ملغم/لتر	العسر الدائم (كربونات كالسيوم) ملغم/لتر	العسر المؤقت (كربونات كالسيوم) ملغم/لتر
١	٩٠	٢٥	١٦	٩
٢	١٠٣	٣٢	٢١	١١
٣	١٠٩	٤٠	٢٥	١٥
٤	١٤٦	٥٥	٣٤	٢١
المتوسط الحسابي	**١١٢**	**٣٨**	**٢٤**	**١٤**

سابعا:

تم تصميم وتنفيذ خط تقني دوّار على جهاز التقطير المدروس، [الشكل رقم (٦)] بحيث يغذى جهاز التقطير بالماء من خزان علوي سعته ≤ ٢م^3 يحتوي على ماء تحلية وموضوع على ارتفاع يحقق ضغط للماء يتراوح بين ٣-٧ بار ليتفق مع مواصفات

الجهاز، وبحيث يوجه الماء ضمن جهاز التقطير أولا إلى وحدة التبريد ومن ثم يوجه بعد خروجه من أنابيب وحدة التبريد ساخنا إلى وحدة التقطير للاستفادة منه ضمن الوحدة في سحب احتياجاتها من الماء، وبعدها يصرف الماء الزائد إلى خزان سفلي سعته ٢م^{٣} مربوط بمضخة مع الخزان العلوي، حيث يتم تجميع ماء تصريف الجهاز فيه ويعاد ضخه في نهاية كل أسبوع إلى الخزان العلوي لإعادة استخدامه وبحيث نضمن تأمين توازن حراري لهذا الماء مع المحيط الخارجي خلال عطلة نهاية الأسبوع.



الشكل رقم (٦). الخط التقني الدوّار المصمم لجهاز التقطير المعتمد بالبحث

ثامنا:

أظهرت نتائج استخدام جهاز التقطير بالتصميم الدّوار الجديد ما يلي :

(١) زيادة إنتاجية الجهاز بمقدار ٢٠٪ ، حيث بلغت الإنتاجية الواقعية للجهاز بالتصميم الجديد ٤,١كغم/ساعة في حين كانت ٣,٤كغم/ساعة سابقًا

(٢) انخفاض النسبة المئوية للفقد المادي الفعلي للجهاز من ١٥٪ سابقًا إلى ٤٪ بالتصميم الجديد وعليه فقد أصبحت هذه النسبة مقبولة. علمًا أنه تم تحديدها بالاعتماد على قيمة الإنتاجية الواقعية من الماء المقطر، وقيم كل من غزارة تدفق ماء التبريد (٤٨ كغم/ساعة)، والغزارة الفعلية لماء التصريف والتي بلغت ٤٢ كغم/ساعة.

$$\% \delta = (G_i - G_{out} - G_d) / G_i * 100$$

حيث : δ % – النسبة المئوية للفقد المادي.

G_i – غزارة تدفق ماء التبريد والذي يوجه بدوره لتغذية وحدة التقطير مقدرًا بالكغم/ساعة.

G_{out} – الغزارة الفعلية لماء التصريف مقدرةً بالكغم/ساعة.

(٣) انخفاض كمية الأملاح المتوقع ترسبها ضمن وحدة التقطير حوالي ٤٩مرة، حيث إن تقطير لتر من الماء باستخدام ماء الشرب سيترافق بترسب حوالي ١٨٩ملغم أملاح و٤٩٦ملغم مواد طينية عالقة [الجدول رقم(٢)]، في حين أن استخدام ماء التحلية سيترافق بترسب حوالي ١٤ملغم أملاح دون وجود أي مواد طينية عالقة [الجدول رقم(٤)]. أضف إلى ذلك أنه أصبح من الممكن استخدام محلول التنظيف الخاص بالجهاز والمبين تركيبه سابقا.

(٤) انخفاض غزارة ماء التصريف حسابيا من ٧٤ لتر/ساعة إلى حوالي ٤٤ لتر/ساعة بإنتاجية ٤لتر/ساعة من الماء المقطر، مع ملاحظة أن عملية إنتاج لترًا واحدًا من الماء المقطر يقابله فقد ١١ لتر ماء تصريف.

(٥) يؤدي تطبيق الخط التقني الدّوار [الشكل رقم(٦)]، إلى وفر في الماء المفقود والذي يصل إلى حوالي٩١٥ لتر أسبوعياً بمعدل عمل للجهاز ٤ ساعات يوميًا وعلى مدى خمسة أيام أسبوعيا، بمقابل إنتاج من الماء المقطر يصل إلى ٨٢ لتر/أسبوع.

$$V=20*(48 - 4.1)*1.04\approx915 \text{ lit}$$

تاسعا:

أكدت دراسة الجدوى الاقتصادية المتوقعة من الخط التقني الدّوار ما يلي:

(١) أن نسبة الأملاح المنحلة في ماء الخزان العلوي لن تزيد بعد عام من تدوير مياه التحلية على ٣٧٠ ملغم/لتر ومع ذلك وحفاظا على سلامة الأجهزة والخزانات فإننا ننصح بتفريغها وغسلها مرة إلى مرتين في العام وإعادة تعبئتها بماء تحلية جديد. علمًا أنه تم إجراء الحسابات على أساس أن السعة الكلية للخزان ٢٠٠٠لتر، وأنه يتم إعادة ملء الخزان مرة كل ١١ أسبوع، وأن حجم الماء المستهلك على شكل منتج أو ماء مفقود خلال ١١ أسبوع والذي سيتم تعويضه بماء تحلية جديد يبلغ حوالي ٩٤٠لتر:

$$V_{new} = 4.1 * 20 * 1.04 * 11 \approx 940 \text{ lit}$$

يبين الجدول رقم (٥) مقدار تزايد تركيز الأملاح الذائبة في الماء الدوّار مع تقدم استخدام الجهاز خلال عام كامل (٥٢ أسبوع)، حيث تم حسابها عن طريق تدوير المعادلة التالية والتي تم إيجادها اعتمادًا على الخط التقني الجديد:

$$T.D.S_i = (V_{new} * T.D.S_{new} + V_{old} * T.D.S_{(i-1)}) / V_{tot}$$

حيث: V_{new} و $T.D.S_{new}$ – حجم ماء التحلية الجديد المضاف في كل مرة لإعادة ملء الخزان مقدرًا باللتر، وكمية الأملاح الذائبة فيه على الترتيب.

V_{old} – حجم الماء المتوقع وجوده في الخزان العلوي مقدرًا باللتر.

V_{tot} – الحجم الكلي للماء في الخزان العلوي بعد إعادة تعبئته مقدرًا باللتر.

$T.D.S_i$,$T.D.S_{(i-1)}$ – كمية الأملاح الذائبة والتي ستتغير مع التدوير المستمر للماء وإعادة تعبئة الخزان. وذلك للتعبئة السابقة (i-1) والتعبئة التي تليها (i).

جدول رقم (٥). التزايد المتوقع في تركيز الأملاح الذائبة في الماء الدّوار خلال عام كامل.

م	الأسبوع	كمية الـ T.D.S (ملغم/لتر)
١	٠	١١٢
٢	١١	١٦٤
٣	٢٢	٢١٧
٤	٣٣	٢٧٠
٥	٤٤	٣٢٣
٦	٥٥	٣٧٥

(٢) إن حاجتنا لعملية تنظيف وصيانة الجهاز الدوري لن تزيد على مرة إلى مرتين بالعام في حين انها كانت تتم بمعدل مرتين بالشهر بتكلفة ٤٠٠ ريال لكل مرة، أي

ما يزيد على ٧٠٠٠ ريال سنويا. هذا إذا ما تجاهلنا الأعطال التي كانت تظهر نتيجة تراكم الأملاح وخاصة داخل أنابيب التبريد وعلى وشيعة التسخين وما يترافق مع ذلك من انخفاض بالإنتاج.

(٣) تم تزويد الجهاز بمبادل أيوني مناسب بحيث تمرر مياه التحلية ضمن هذا المبادل ومن ثم توجه إلى وحدة التبريد، مما سيضمن زيادة العمر الفعلي للجهاز والمحافظة على درجة جودة المنتج حيث إن قيم قياس ناقلية الماء المقطر المنتح لم تتجاوز ٨ ميكروموز/سم. علماً أن المخبر الموجود ضمنه الجهاز مزود بمكيف يضمن درجة حرارة أقل من ٣٠°م للوسط المحيط بسبب ارتفاع رطوبة المنطقة [الشكل رقم(٣)] ليتلاءم مع احتياجات الجهاز [الجدول رقم(٢)].

(٤) إن التكلفة السنوية من مياه التحلية لن تزيد على ٦٥٠ ريال، وبالتالي فإن التكلفة السنوية المتوقعة للجهاز أقل من ١٥٠٠ ريال موزعة بين صيانة وإعادة تعبئة، بوفر اقتصادي يزيد على ٨٠٪.

خاتمة واستنتاج

١) يحقق الخط التقني الجديد زيادة في الإنتاجية تصل إلى ٢٠٪، ويقلل الفقد المادي في حدود ٤٪.

٢) يؤمن هذا الخط حماية لأجهزة التقطير في المختبر من التعطل المتكرر نتيجة ترسب وتراكم المواد الصلبة الذائبة على وشيعة التسخين وداخل أنابيب التبريد.

٣) يحقق الخط التقني المدروس وفرة اقتصادية تزيد على ٨٠٪ مقارنة بالتكلفة السابقة.

٤) يضمن الجهاز وفر في فقد الماء يصل إلى أكثر من ٤٤ ألف لتر سنويا، وذلك لاعتماده فكرة تدّوير الماء، باعتبار أن الماء ثروة وطنية يجب أن نحافظ عليها ويسهم هذا البحث في المحافظة عليها...

كلمة شكر:

تتقدم الباحثة بخالص الشكر والتقدير إلى المكرمة عميدة كلية التربية للبنات بجازان – الأقسام العلمية **الأستاذة /عائشة حسن زكري** لتبنيها فكرة البحث وتنفيذه على أرض الواقع.

المراجع

[١] BDH. *Ion Exchange Resins,* fifth edition, sixth impression (revised).England: Chemicals Ltd Poole 1977.

[٢] Perry Rebert H. *Chemical Engineers' Handbook*, Seventh Edition, international Edition, McGraw- Hill,1988.

[٣] الساعاتي، عدنان جمال. "تكلفة إنتاج مياه الشرب." *مجلة العلوم والتكنولوجيا* العدد ٤٤ (فبراير، ١٩٩٨م)، ص ص٣٢-٣٤.

[٤] المقرن، عبد اللطيف. "المياه في دول الخليج العربي الترشيد أو الخطر." *المعرفة*، عدد ٦٢ (جمادى الأولى، ١٤٢١هـ)، ص ص٢١- ٣١.

[٥] البكري، إيمان وبريك، عصام . "التلوث الكيميائي لمياه شرب مدينة جازان." *مجلة الخليج العربي للبحوث العلمية*، جامعة الخليج العربي، مملكة البحرين، المجلد ٢٢، ٢(٢٠٠٤م)، ص ص١٠٢- ١١٦.

[٦] _____. "المياه المستخدمة في مدينة جازان وبعض القرى المحيطة بها." ، *مجلة الخليج العربي للبحوث العلمية*، جامعة الخليج العربي، مملكة البحرين، المجلد٢٢ ، ١(٢٠٠٤م)، ص ص٤٠-٥٠ .

[٧] ВАСИЛЬЕВ.В.П. *АНАЛИТИЧЕСКАЯ ХИМИЯ*. Москва: Высшая школа, 1989.

[٨] ENCYCLOPEDIA of *Chemical Technology*, Fourth Edition; Volume 25. New York: A Wilely – Interscience Publication,1988.

[٩] البكري، إيمان. " تقطير النشادر وثاني أكسيد الكربون في أجهزة مشيدة من أجزاء هيكلية جاهزة. " *رسالة دكتوراه*، معهد البوليتكنك ، خاركوف، ١٩٩٠م.

[١٠] А·Г·Павлов. П*римеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии*. Химия: Ленинград, 1976.

[١١] К·ф·Касаткин. *Основные процессы и аппараты химической технологии*. Москва: химия, 1973 .

[١٢] فوكالوقيتش. *الخواص الفيزيائية والحرارية للماء وبخار الماء*. مصر: منشورات دار الزهراء ، ١٩٨٦، ص ٦٨.

The Ideal Technical Resolution for Keeping the Laboratory Distillation Apparatus in the Areas Which Uses the Untreated Drink Water

Iman Mostafa Al-Bakri
Faculty of Education for Girls in Jizan – The Scientific Division, Fax: 7/322596 Jizan , K.S.A.
(Received 28/3/1425A.H., accepted for pub.20/5/1426A.H.)

Abstract.Our previous studies insured that the drinking water feeding Jizan city is untreated even it did not receive a preliminary treatment for removing the suspended matter. This water has a scaling tendency leading to blockage of the running tubes. So, the aim of this work is to find an ideal technical resolution for protecting the distillation apparatus which used in laboratories in our faculty. These apparatus do not work properly due to the precipitation of the suspended matter and total dissolved solids (T.D.S) even in the spout cooling unit.

Average T.D.S. was determined. It was equal to (980 mg/L) for the drinking water which feed the city and was (112 mg/ L) for the desalinated (Tahliyah) water. The average of the total hardness was (456 mg/L as $CaCO_3$) for the drinking water and (38 mg/L as $CaCO_3$) for the Tahliyah water according to the Gulf Standard methods 116/1989 and 641/1996. The average of the suspended matter was (500 mg/L) by the drying oven method. Its structure was determined by **(X-Ray Diffraction PW)** apparatus.

Mass and heat balances for technological line was conducted on the connected distillation apparatus model (Water distillation apparatus ،water still GFL 2004) with Tahliyah water storage tank of (2 m^3) capacity feeding the cooling coil followed by distillation unit will show a reduction in the amount of lost water of about (74 l/h) to about (44 l/h) and an actual increasing in the apparatus yield from (3.4 l/h) to about (4.1 l/h) of distilled water, as 20% yield increasing and decrease the water loss to 4%. Also, the waste water could be used by recycling it after being collected in another lower storage tank and pumping it to the higher storage tank at the end of the week.

The calculations showed that the amount of (T.D.S.) in the reservoir after a usage to one year with a 4-hour working period daily for five days weekly and by refull the reservoir with Tahliya water is about (1 m^3) once every 11 weeks will not exceed (380 mg/L) with the cost of 650 SR per year approximately where the cost of maintenance was more than 7000 SR per year.

This technological line will be more economic since it will save about 80% of the normal cost. It will also decrease the lost water with about 44000 litter per year. As it is known, water is a national wealth and must keep it reserve. This work will help in achieving this goal.

Key words: Jizan, Distillation , Water , Suspended materials.