A general study of the Utilization of water distillation in Fao saline and solar radiation incident on it

دراسة عامة لإمكانية تحلية مياه في منطقة ممالح الفاو والإشعاع الشمسي الساقط عليها – العراق

حازم عبدالحافظ السياب
جامعة البصرة/ مركز علوم البحار/قسم الفيزياء البحرية

المستخلص:

من التحديات الرئيسة التي تواجه المجتمع البشري اليوم نقص المياه العذبة ونقص الطاقة التقليدية. الطاقة الشمسية لا تزال أفضل طريقة لتحويل المياه المالحة إلى المياه العذبة باستخدام مصادر غير تقليدية للطاقة التي تتوفر بحرية وكثرة في كوكب الأرض. التقطير هو طريقة يتم فيها إزالة المياه من التلوث بدلا من إزالة الملوثات من الماء. يرجع ذلك إلى مزايا مختلفة يمتلكها المقطر. إن التقطير بالطاقة الشمسية ينطوي على تكاليف الصيانة الصفرية ولا تكاليف الطاقة لأنها لا تنطوي إلا على طاقة شمسية خالية من التكلفة. تقع منطقة المملحة في القسم الجنوبي من العراق. تم صناعة شكل هرمى من الزجاج الشفاف قاعدته متر مربع واحد وهى عبارة عن إطار من الفوم على شكل حرف (U). يوضع الهرم ليطفو فوق الماء المالح فيعمل الشكل الناتج على امتصاص الأشعة الشمسية وتبخير الماء من المملحة وتكثيفه ثم تجميعه. قيم الأشعاع الشمسي الكلي الساقط على السطح المائل لمدينة البصرة 1050.82 واط/متر مربع لشهر تموز / 2016. تكلفة بناء 1متر مربع من المقطر الشمسي لا تتجاوز 40$ لإنتاج 1لتر من الماء المقطر في اليوم الواحد.يمكن استغلال المقطر الشمسي للحصول على مصدر ثاني وهو الأملاح حيث تجمع بين الحين والآخر لغرض التنظيف. وجد ان العمر الزمني المتوقع للمقطر الشمسي من 15- 20سنة (تعتمد على المواد المصنع منها).يمكن زيادة كمية المياه الناتجة من المقطر في الشتاء عن طريق جمعمياه الأمطار بواسطة القناة الملاصقة للمقطر(ثم تتم المعالجة لتكون مياه صالحة للشرب). تسمح بالتخزين المؤقت.يمكن تحسبن كفاءة المقطر ويتم ذلك بأستخدام غطاء زجاجي مائل مزدوجبدلا من السطح المائل الأحادي.

كلمات مفتاحية: التحلية، الفاو، الأشعاع الشمسي، الطاقة الشمسية، الممالح.

Abstract:

One of the major challenges facing human society today is the lack of fresh water and conventional energy. Solar energy is still the best way to convert saltwater into fresh water using unconventional sources of energy that are freely available on the planet. Distillation is a method in which water is removed from pollution instead of removing contaminants from water. This is due to different advantages of distillate. Solar distillation involves zero maintenance and energy costs because they involve solar energy free of cost only. Solar evaporation panels are simple ways to desalinate seawater or swamp water. The saline area is located in the southern part of Iraq.A transparent pyramid shaped glass is made of one square meter, a frame of U-shaped foam. The pyramid is placed to float above the salty water. The resulting from absorbs the solar radiation, evaporates the water from the salted, condense it and then collects it. The values of total solar radiation falling on the diagonal surface of the city of Basra 1050.82 W / m2 for the month of July 2016. The cost of building 1 m2 of solar distillates does not exceed $ 40 to produce 1 liter/day of distilled water. The solar distillate can be used to obtain salts as a second source which are collected from time to time for cleaning purposes. The amount of water produced by distillates in winter can be increased by collecting rainwater by the channel adjacent to the distillatory.

المقدمة:

الحاجة للمياه النقية مهمة في الحياة اليومية. إن توفر المياه الصالحة للشرب للفرد يتقلص بسبب النمو السكاني. مصادر المياه المحتملة هي مياه الأمطار، مياه جوفية ومياه النهر أو البحيرة. يجب تنقية هذه المياه الصالحة للاستهلاك البشري. وهذا قد ينطوي على إزالة المواد المذابة والبكتيريا الضارة. في حين الكلور والغليان تستخدم في قتل البكتيريا الضارة فقط. تواجه المجتمع البشري اليوم نقص المياه العذبة ونقص الطاقة التقليدية و أفضل طريقة لتحويل المياه المالحة إلى المياه العذبة باستخدام مصادر غير تقليدية للطاقة هي الطاقة الشمسية.الشمس الذي تنبعث منه إشعاع باستمرار هو مصدر الطاقة الذي لا ينضب وهو جذر جميع أشكال الطاقة المتجددة تقريبا وغير المتجددة؛ والاستثناءات الوحيدة هي الطاقة الحرارية الأرضية والطاقة النووية. المياه ضرورية لبقاء البشر. في الوقت الحاضر، أصبح توفير المياه العذبة للأشخاص الذين لديهم كمية محدودة من مياه الشرب في بعض أجزاء الأرض تحديا كبيرا. نسبة توزيع المياه على الأرض هي 2.53٪ و 96.54٪ من المياه العذبة ومياه البحر، على التوالي [1]. المياه العذبة ضرورية لجميع أشكال الحياة على الأرض مثل النباتات والحيوانات والإنسان، وما إلى ذلك. منذ قرون يعتمد البشر على الأنهار والبرك والبحيرات وخزانات المياه الجوفية لتلبية متطلبات المياه العذبة. ونتيجة للزيادة المستمرة في عدد السكان والتطور السريع للصناعة، أصبح توريد المياه العذبة مشكلة تواجه العديد من المناطق المختلفة على الأرض [2]. لحسن الحظ، كمية وافرة من ضوء الشمس هو متاح في تلك الأجزاء من الأرض حيث توجد مشاكل ندرة المياه العذبة. ومن الخيارات المتاحة للحصول على المياه العذبة من مياه البحر استخدام نظام تحلية المياه بالطاقة الشمسية، حيث أن الطاقة الشمسية متاحة بتكلفة حرة، وهي أيضا مصدر موثوق للطاقة، ويمكن استخدامها للاستعمال المنزلي[3].

مسطحات التبخير بالطاقة الشمسية من الطرق البسيطة لتحلية مياه البحر أو مياه المستنقعات و تتكون من سطح مائل شفاف يسمح بآشعة الشمس بالمرور داخله وتبقى الحرارة محتبسه به ويوضع فوق سطح معزول حرارياً يدخل به الماء المالح فتعمل حرارة الشمس على تسخين الماء وتبخره ليتكثف على السطح الشفاف المائل ويتجه بدوره إلى مزراب لتجميع ماء المقطر.تتحكم بالمناخ عوامل كثيرة من أهمها الإشعاع الشمسي الوارد إلى سطح الأرض الذي يعتبر العامل المولد لعناصر المناخ (الحرارة، الضغط و الحجم) إما العامل الأخر فهو طبيعة السطوح وألوانها أي بمعنى آخر التضاريس بالأضافة لعامل التصحر والتلوث ،فالتصحر يغير من بيئة المنطقة ومن ثم يتغير مناخ المنطقة المتصحرة. أما التلوث فهو مشكلة العصر بسبب نشاطات الإنسان المختلفة المسببة لعملية الاحتباس الحراري في الغلاف الجوي لذلك تتغير أو تتبدل خصائص المناخ من حيث الحرارة والرطوبة والهطول وخصوصا" في المدن الكبيرة. للواجهات البحرية اهمية اقتصادية من اهمها الملاحة والصيد والسياحة. فضلا عن اهميتها البيئية كونها تزخر بانواع لا حصر لها من الموارد الحية. تعاني هذه المناطق من مشكلات جمة سواء طبيعية أم بشرية جديرة بالدراسة مثل زيادة معدلات الترسيب التي تتسبب بقلة الأعماق على طول الساحل الجانب الجفاف وارتفاع ملوحة المياه البحرية والجوفية والتربة، وبالتالي تفتقر هذه المناطق للمياه الصالحة للشرب(الأنسان والحيوان) [4].

منطقة الدراسة:

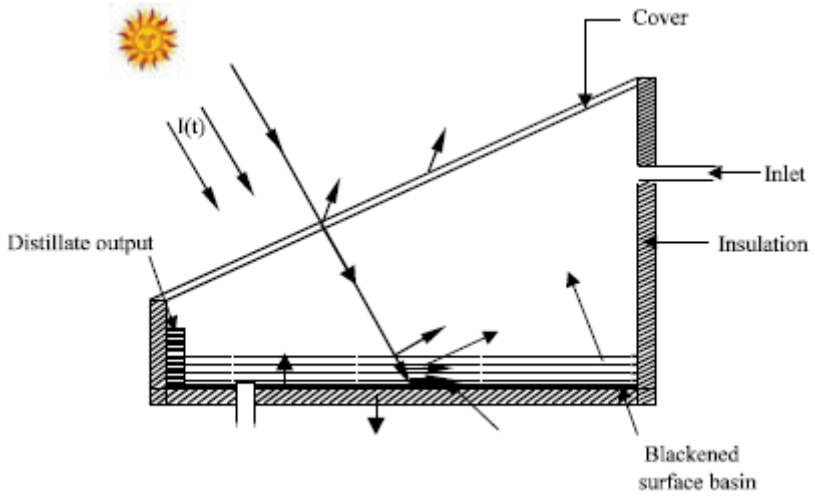
تقع منطقة المملحة (30° 0'44.96"شمال ، 48°22'4.69"شرق)في القسم الجنوبي من العراق، وهو جزء من محافظة البصرة، وتحيط بها المياه البحرية من جهة الغرب والجنوب ومياه شط العرب من جهة الشرق،الشكل (1).حيث تمتد منطقة السباخ الساحلية بمعدل 27 كم نحو الشمال، وبمساحة تقدر بحوالي 736 كم ^{2} ، تعاني منطقة جنوب البصرة من شحة كبيرة في توفير مياه الشرب. ولكثرة وجود السباخ(تنتج عن عمليات حجز المياه البحرية عبر القنوات التي تخترق الساحل في المنخفضات الواقعة خلف الساحل) في المنطقة الساحلية والمملحة شمال غرب الفاو لإنتاج مئات الأطنان من الأملاح يمكن اعتماد مسطحات التبخير بالطاقة الشمسية لإنتاج الملح في تحقيق هدف تحلية مياه البحر. تجمع المعلومات المناخية و الحقلية للقيام بتجارب مختبرية لظروف متباينة من الجريان لدراسة المنطقة نظرا لمساحة المملحة الكبيرة.

المبدأ الأساسي:

المبدأ الأساس لأستعمال الطاقة الشمسية من اجل أيجاد ماء عذب من المياه المالحة أو الملوثة هو من خلال طريقة بسيطة جدا. يترك الماء في وعاء مفتوح ومعرضا للشمس حتى يتبخر بالهواء. الغاية من المقطر الشمسي هو التقاط البخار بعد تكثيفه بسطح بارد باستخدام الطاقة الشمسية لتعجيل التبخر. ولتعجيل التبخر نعمل على زيادة درجة حرارة الماء والمساحة السطحية الملامسة للهواء. طلاء قاعدة الوعاء باللون الأسود لتحقيق اقصى قدر من الطاقة الشمسية الممتصة، و مادة القاع تتحمل ملوحة الماء. لألتقاط وتكثيف بخار الماء نحتاج الى نوع معين من السطح المحكم مع سطح الماء المالح ذو درجات حرارة ابرد من الماء للسيطرة على دقائق البخار ليجمع الماء الحلو في وعاء خارجي [5]. مكونات المقطر الشمسي هي:

1. الحوض: هو ذلك الجزء من النظام الذي يجمع المياه ويتم الاحتفاظ بها، والتي تستوعب الطاقة الشمسية. وبالتالي، فمن الضروري أن يكون الحوض ذو امتصاصية عالية وانعكاسية ونفاذية أقل.
2. قناة المكثف: هو جزء من النظام الذي يتم جمع المياه المكثفة به.
3. الغلاف الأسود: يتم امتصاص الإشعاع الشمسي الساقط من خلال بطانة سوداء على سطح القاعدة حيث ان الأجسام السوداء هي ذو امتصاص جيد والطلاء الأسود يستخدم ايضا كبطانة.
4. غطاء حرارى: يتم استخدام الزجاج ذو سمك 5 ملم تقريبا. اختيار الزجاج هو بسبب قابليته لإنتاج تأثير الاحتباس الحراري داخل المقطر(ويمكن استخدام نايلون المزارع الشفاف).
5. العزل: يستخدم الفلين كعازل لتسرب الطاقة الحرارية .يستخدم السيليكون كغراء لتثبيت الزجاج إلى الزجاج ولسد الفراغات لمنع تسرب الحرارة.

الغطاء الزجاجي يسمح للإشعاع الشمسي (الموجة القصيرة) لتنفذ، والتي يتم امتصاصها في الغالب من قبل قاعدة سوداء. تبدأ المياه في التسخين وكمية الرطوبة في الهواء المحاصر بين سطح الماء والغطاء الزجاجي يزيد. وتشع القاعدة أيضا الطاقة في المنطقة تحت الحمراء (الموجة الطويلة) التي تنعكس مرة أخرى في الغطاء الزجاجي الذي لا يزال محاصرا ("المسببة للاحتباس الحراري"). يتبخر الماء الساخن من الحوض ويتكثف داخل الغطاء الزجاجي. في هذه العملية، تركت الأملاح والميكروبات التي كانت في الماء الأصلي وراءها. وتنتقل المياه المكثفة أسفل الغطاء الزجاجي المائل إلى حوض تجميع داخلي وإلى زجاجة تخزين عن طريق فتحات موجودة في الجهاز، الشكل(2) [6].



شكل (2): مقطع عرضي للمقطر الشمسي الأحادي المائل

طريقةالعمل:

الهدف من الفكرة هو العمل في ظروف غياب الشمس أو ضعف أشعتها وليس في فترات سطوع الشمس فقط .تم صناعة شكل هرمى من الزجاج الشفاف قاعدته متر مربع واحد وهى عبارة عن إطار على شكل حرف(U)بسمك 2 سم وعرض القاعدة(قاعدة متحركة) 5سم بحيث تشكل قناة لتجميع الماء المتكثف. يخرج من إحدى جوانب القاعدة خرطوم من البلاستيك يتجه الى إناء تجميع الماء المقطر. داخل هذا الإطار مربع من الإسفنج مطلى باللون الأسود بسمك 2سم ومتصل من الأطراف بجوانب الهرم ويعمل على امتصاص الماء المالح من أسفل الهرم، والذي ارتفاعه متر واحد ومدعم فى زواياه الأربع بقضبان من الخشب بسمك (1×1)سم الجوانب البلاستيكية. هذا يمثل العمل المختبري لأجل حساب كمية الماء الناتج في اليوم الواحد. أما العمل الحقلي تم رفع القاعدة وبذلك يوضع الهرم ليطفو فوق الماء المالح فيعمل الشكل الناتج على امتصاص الأشعة الشمسية وتبخير الماء من المملحة وتكثيفه ثم تجميعه. تم تقسيم منطقة العمل لأجل السيطرة على كمية الماء الداخل والخارج ومن اجل تزويد المنطقة بماء البحر في حالة شحة المياه في أشهر الصيف.

أقتصاديات:

تمثل تحلية المياه بالطاقة الشمسية الطريقة الأبرز والأكثر اقتصادا وخاصة عند استخدامها في المناطق التي تكون فيها أشعة الشمس وفيرة. وهي تقنية صديقة للبيئة يمكن أن تفتح مصادر جديدة للمياه النقية وتساهم بكفاءة في التنمية المستدامة للقرى والمناطق الحضرية أيضا. عموما يتم اختيار الطاقة الشمسية بسبب بساطتها في البناء. لا حاجة للصيانة الدورية و لا حاجة للأشخاص المهرة للتشغيل. لذلك تعتبر تكاليف التشغيل والصيانة قليلة. بتغير الزمن يزداد سعر لتر الماء لأن نوعية ماء البصرة بتدهور مستمر. توفير أجهزة تنقية المياه المنزلية قد يكون اسوأ بكثير من الفائدة. اذ انه يجب الحذر من الشركات المصنعة للمرشحات(الفلاتر) المزودة لأجهزة ماء الشرب [7]. عمليات المقطر الشمسي البطيئة تسمح فقط للماء النقي يتبخر من سطح المملحة وتجمع على الغطاء تاركة جميع الجسيمات الملوثة وراءها. الاعتناء بالتصميم يكون المقطر قادرا على تزويدنا بماء الشرب الصحي الخالي من الملوثات السرطانية وغيرها ويكون عديم اللون والطعم والرائحة. أختيار نكهة واحدة بأضافة كمية صغيرة من المعادن او الأملاح للماء الناتج أو بأستخدام قطعة من الرخام توضع في الماء الناتج.

النتائج والمناقشة:

الإشعاع الشمسي هو مقدار الأشعة الشمسية الساقطة على مساحة معينة والقادرة على توليد قدرة كهربائية . فلا يصيب الأرض الا حوالي جزء من 2000 جزء من اشعة الشمس التي تقدر بحوالي 130 ميكا واط/متر مربع من سطح الشمس[8]. وهذا القدر الضئيل والمسؤول عن كل الطاقة الحرارية لسطح الأرض وغلافها الجوي.يمكن حساب الأشعة الكلية الساقطة على السطح المائل من العلاقة التالية [9] :

$$H_t=H_b * R_b +C * H_b * (1+ \cos x)/ 2 + (H_b + H_d) * \rho g * (1- \cos x)/ 2$$

Ht:الأشعة الكلية الساقطة على السطح المائل

Hb:الأشعاع عند زاوية السقوط العمودية

$(H_b + H_d) * \rho g * (1- \cos x)/ 2$:الأشعة المنعكسة التي يستقبلها السطح المائل

ρg (0.2 =) :تمثل انعكاسية سطح الأرض والأسطح الأخرى

Rb:معامل الميل للأشعاع الكلي

$$H_b= A * \exp(- B/ \sin x)$$

A :ثابت يعبر عن الأشعاع الشمسي الظاهر (عندما تكون كتلة الهواء =0.0)

B:معامل انخفاض قيمة الأشعاع الشمسي خلال الغلاف الجوي

X:زاوية الأرتفاع وتعتمد على خط العرض

Sin x:تمثل كتلة الهواء

1367 واط/متر مربع=ثابت الأشعاع الشمسي

نتيجة لتغير المسافة بين الشمس والأرض وتغير كميات بخار الماء والمواد العالقة في الهواء الجوي بصورة موسمية فان قيمة الثوابت تتغير على مدار السنة. نستنتج مما سبقان كمية الأشعة الشمسية الكلية المحسوبة المستلمة على السطح المائل لكل متر مربع في مدينة البصرة (30° 0'44.96"شمال و 48°22'4.69"شرق) لمعدل يوم واحد من الشهر (14-15 من الشهر) ولجميع فصول السنة وعند منتصف النهار (جدول 1).

جدول(1) يبن قيم الأشعاع الشمسي الكلي الساقط على السطح المائل لمدينة البصرة(2016)

الشهر	الأشعاع الشمسي الكلي(واط/متر مربع)
كانون الثاني	589.32
نيسان	989.50
تموز	1050.82
تشرين الأول	829.00

الطريقة المستخدمة لحساب ناتج المقطر الشمسي يعطى بالمعادلة:

$Q=(E * G * A)/ L$

Q:الناتج اليومي للماء المقطر (لتر/ يوم)

E:الكفاءة

G:الأشعاع الشمسي الكلي اليومي

L:الحرارة الكامنة للتبخر

A:المساحة السطحية للمقطر الشمسي

المعدل النموذجي للأشعاع الشمسي الكلي اليومي (18.0 ميكاجول/متر مربع،ويعادل 5.0 كيلو واط ساعة/متر مربع) والحرارة الكامنة للتبخر 2.26 ميكا جول/كيلوغرام ولأي مقطر شمسي بسيط معدل الكفاءة 30% [10] نستنتج:

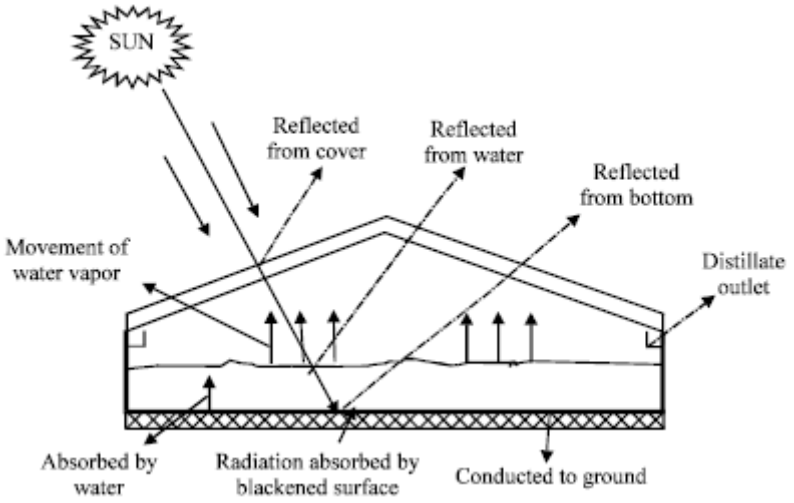
$Q= (0.30 * 18.0 * 1.0)/ 2.26 =2.34\ l/m^2$

وبما ان الشخص الواحد يحتاج 5 لتر من الماء باليوم اي يحتاج الى مترين مربع من المقطر الشمسي.

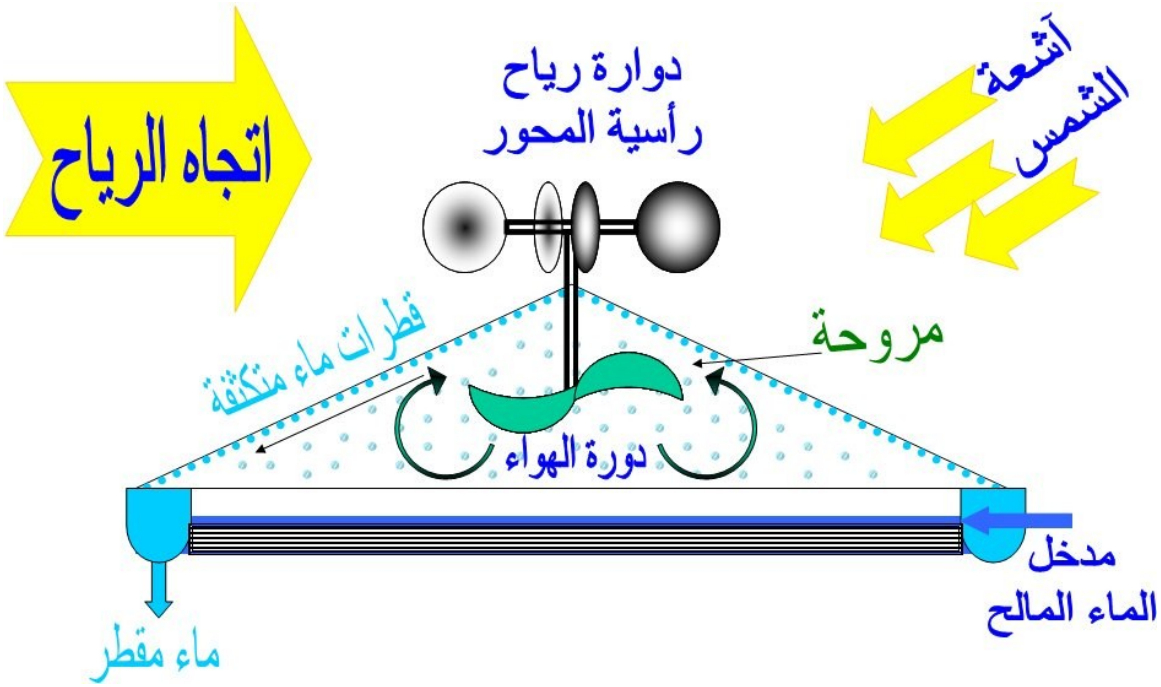
وقد تبين من التحليل التجريبي:

درجة ميلان السطح المائل لا تزيد عن 20درجة مئوية للحصول على افضل تكثيف مطلوب ولمنع قطرات الماء الملتصقة بالسطح المائل بالرجوع للحوض او سطح المملحة. كمية الماء المالح الموجود في سطح الحوض لا يتجاوز عمقه 2سم.الماء الناتج من المقطر الشمسي تماما نقي وبذلك تكون نوعية الماء افضل من المعامل المحلية.

أما كيفيةتحسينكفاءة المقطر فيتم ذلك بأستخدام غطاء زجاجي مائل مزدوج[11] (شكل 3)بدلا من السطح المائل الأحادي ،عاكسات ،عازل ،بطانة سوداء قاعية وزيادة سرعة الهواء تؤدىلإنخفاض ضغطه وبالتالى زيادة معدل التبخر. أن زيادة درجة الحرارة المحيطة سوف تزيد من الإنتاجية مما يدل على أن النظام يؤدي المزيد من التقطير في درجات الحرارة المحيطة أعلى. ولوحظ أنه عندما يزداد عمق الماء انخفضت الإنتاجية .وتظهر هذه النتائج أن الكتلة المائية (عمق الماء) لها تأثير كبير على ناتج التقطير.يتم وضع محور رأسي يمتد من خارج السطح الشفاف إلى داخله ويوضع على هذا المحور من الخارج دوارة رياح رأسية المحور وداخل السطح الشفاف مروحة رأسية بحيث تدير الرياح فى الخارج دوارة الرياح فتدور المروحة بالداخل فتحدث تياراً من الهواء على سطح الماء مما يسرع من عملية التبخر[12] (شكل 4).سوف يستمر المقطر بالعمل بعد غروب الشمس حتى يبرد الماء ويصل الى درجة دنيا. وينبغي تزويد المقطر بالماء كل يوم يتجاوز تقريبا إنتاج المقطر لتوفير التنظيف المناسب لماء الحوض وتنظيف الأملاح الزائدة التي تركتها وراء عملية التبخير.وجد أن معدل إنتاج التقطير يزيد عندما ينخفض الفرق بين درجة حرارة الماء والزجاج. وتأثرت المياه المقطرة أيضا بوجود الرياح والتغيرات المناخية التي تقلل من كمية الطاقة الشمسية المنتشرة التي تتلقاها المياه المالحة. بلغ متوسط إنتاج الماء المقطر 4 لتر / م 2 / يوم [13].



شكل (3): مقطع عرضي للمقطر الشمسي المزدوج المائل



شكل (4) دوارة الرياح في المقطر الشمسي

الاستنتاجات:

1- ان المنطقة ذات صيف طويل وحار جدا يشهد ارتفاع معدلات درجات الحرارة وانعدام الامطار، بينما يكون الشتاء قصير وذو امطار قليلة جدا لا تشكل سوى نسبة بسيطة، تقدر بـ(3.5%) من مجموع قيم التبخر، وان ظروف الجفاف المارة تجعل المنطقة واقعة تحت تأثير المرتفعات الجوية المحيطة بها وتشكل بؤرة لهبوب الرياح النشطة في معظم اشهر السنة، خصوصا خلال أشهر الصيف. تمتاز المنطقة بسرع رياح (متوسطة) في معظم اشهر السنة، وخصوصا خلال اشهر الصيف، ويحدث ذلك نتيجة لعدم وجود عوارض تضاريسية، كما يزداد تكرار الرياح الشمالية الغربية خلال اشهر الصيف، ويزداد ايضا معدلات سرعها خلال هذه الاشهر، بينما يزداد تكرار الرياح الجنوبية والجنوبية الشرقية ومعدلات سرعها خلال الفصول الانتقالية.ترتبط ظاهرة انخفاض مدى الرؤية بحدوث ظاهرة الضباب خلال اشهر الشتاء.

2- عامل جمالي للمنطقةبأعتبار المنطقة صحراء جرداء.

3- تكلفة بناء 1متر مربع من المقطر الشمسي لا تتجاوز 40$ لإنتاج 1لتر من الماء المقطر في اليوم الواحد.

4- الطاقة الشمسية تستخدم لفصل الماء الحلو عن معظم الملوثات الطبيعية مثل الأملاح والجسيمات الأخرى(الطحالب والأوساخ).

5- العمر الزمني المتوقع للمقطر الشمسي من 15- 20سنة (تعتمد على المواد المصنع منها).

6- يمكن استغلال المقطرالشمسي للحصول على مصدر ثاني وهو الأملاح حيث تجمع بين الحين والآخر لغرض التنظيف.

7- يمكن زيادة كمية المياه الناتجة من المقطر في الشتاء عن طريق جمع مياه الأمطار من المنطقة القريبةوالمنطقة الملاصقة للمقطر(ثم تتم المعالجة لتكون مياه صالحة للشرب).

8- تسمح بالتخزين المؤقت.

المصادر:

[1]. Kabeel A.E.and et al. (2016) The performance of a modified solar still using hot air injection and PCMDesalination.Vol. 379,pp 102–107.

[2]YadavSaurabh , Sudhakar K.(2015) Different domestic designs of solar stills: A reviewRenewable and Sustainable Energy Reviews.
Vol.47,pp 718–731.

[3]Panchal Hitesh N. (2015) Enhancement ofdwastillate output of double basin solar still with vacuum tubes Engineering Sciences Vol.
27 pp170–175.

[4] Hassan K. H. Al-Mahmood and et al. (2014)Relationship between some elements of the atmosphere with marine phenomena northwest Arabian Gulf, pp111-132 .

[5] Aburideh H. and et al. (2012). An experimental study of a solar still: Application on the sea water desalination of Fouka, Procedia Engineering, Vol.33, pp475-484.

[6] Alpesh M. and et al. (2011). Design of Solar Distillation System, International Journal of Advanced Science and Technology, Vol. 29,pp 67-74.

[7] Gysi A.P., STEFA A. (2008) Numerical modeling of Co2-water-basalt interaction, Mineralogical Magazine, Vol. 72, N°1, pp55-59.

[8] El-Sebaii A.A and et al. (2009) Thermal performance of a single basin solar still with PCM as a storage medium. Appl. EnergyVol. 86,No 11,pp87-95.

[9] عبدالعزيز طريح شرف،(2010) الجغرافية المناخية والنباتية مع التطبيق على مناخ افريقيا ومناخ العالم العربي، السعودية.

1. [10] Kumar V. and et al. (2015) Solar stills system design: review. Renew Sustain Energy, Vol.51,pp153–81.

[11] RenukaDeshmukh K. P. Kolhe PG (2016) Experimental Study on Double Basin Solar Still with Evacuated Tubes and Reflector,Vol.23,pp2349-6010.

[12] MdNizamuddin Ansari (2016)Comparison on Single Basin Double Slope Glass Passive and Active Solar Still with Different Depths of Water Layer,Vol.35,pp12–31.

[13]Ajeet Kumar Rai and et al.(2012) Experimental investigation of a double slope solar still with a latent heat storage,Vol.45,pp 22-29 .