اقتصاديات المقطرات الشمسية بالمناطق النائية

د. محمد عبد الله المنتصر* ، د. محمد فتحي بارة* ، م. غسان صبحي المصري*

مقدمـــة

تعتبر تحلية المياه من أبرز المسائل التي تهتم بها جميع دول العـالم وتعمـل علـى إيجـاد أرخص الطرق للحصول على المياه المحلاة والجدير بالذكر أن التكلفة في بعض الأحيـان لا تؤخذ بعين الاعتبار إذا ما كان القرار لتوفير المياه وخاصة للاستهلاك البشري.

وتعتبر الفجوة الكبيرة والآخذة في الازدياد بين ما هـو مطلوب لاستخدام تنمية الدول وما هو متاح من المياه فعلاً بناء على التغذية السنوية من الأمطار من أهـم معوقـات التنمية وأحد أهم مبادئ التنمية.

فمثلاً تعتمد الجماهيرية في توفير حاجاتها من المياه الجوفية وتساهم هذه بنسبة 89 % من إجمالي الاستهلاك ففي عـام 1990 وصل الاستهلاك إلى 4757 مليون متر مكعب بينمـا الموارد المتاحة 770 مليون متر مكعب وعليه فإن المتـاح لا يتعدى 28.5 % من المطلوب. وقد تمت الإشارة إلى أهميـة إيجاد حل لمشكلة المياه بالجماهيرية لتوفير العجـز المـائي. وتجدر الإشارة إلى أنه تم توفير العجز مؤقتاً بوصول ميـاه النهر الصناعي العظيم.

ولكن مشكلة المياه تظل قائمة على المدى القريب وعليه فإن اللجوء إلى التحلية أمر لا خيار عنه، وعند النظـر إلى تحلية المياه بالطرق التقليدية نجد مشـاكل عـدة وأهمـها استهلاك مواد كيميائية كبيرة للمعالجة الأوليـة للميـاه، والترسبات والتآكل والعمر الافتراضي قصـير وارتفـاع تكاليف المتر المكعب وكذلك الاستهلاك الكبير في الوقود.

ونتيجة لما سبق نجد أن خيار التحلية بالطاقة الشمسية من الخيارات التي يجب أن تأخذ الحظ الأوفـر في الدراسـة والتطوير وبالفعل قد جرت عـدة دراسـات في مجـال المقطرات الشمسية في عديد من الدول وأيضاً بالجماهيريـة [1،2،3،4].

وتباعاً لما نشر [5] حيث تمت دراسة أنواع المقطـرات الشمسية وتم أيضاً تصنيف أنواعها وكيفية تطورها عـبر العديد من التجارب العملية للوصول إلى أفضل إنتاجيـة بأقل تكلفة، وقد تمت دراسة التكلفة في هذا البحث بشـئ من التفصيل وأعد برنامج لاستخدام المقطرات الشمسية في المناطق النائية بالجماهيرية.

* المنظمة العالمية للطاقة

التكلفة الكليـــة لمنظومـــات المقطـــرات الشمسية

إن حسابات التكلفة هي الخطوة الأولى في تحديد جـــدوى استخدام المقطرات الشمسية عندما يكون هناك مصـــدر بديل لتحلية المياه. هذا الجزء من الدراسة يقـــدم طريقـــة حساب تكلفة أنظمة المقطرات الشمسية على طول عمـــر المنظومة.

تعتبر تكلفة مصفوفات المقطرات من أهم عناصر التكلفـــة الكلية لأنظمة المقطرات على طول العمر مـــع الأخـــذ في الاعتبار تكلفة التشغيل والصيانة.

وتحتاج نظم المقطرات الشمسية إلى تكلفة عاليـــة نســـبياً مبدئياً ولكن تكلفة التشغيل يمكن إهمالها عنـــد مقارنتـــها بمنظومة تحلية تقليدية تحتاج إلى آلات ومحركات بتكـــاليف متواضعة نسبياً وتحتاج أيضاً إلى إضافة تكلفة وقود عاليـــة ومتصاعدة. وتدخل أيضاً في حســـاب التكـــاليف ســـعة وحدات الطوارئ ومعـــدل ارتفـــاع تكلفـــة المكونـــات المســـتهلكة ومعـــامل الأداء الـــتي تعتبر من أهم العوامل المؤثرة في حساب التكلفة.

وتكلفة دورة العمر هي مقدار المال الذي يحتاجه المشـــوع على طول دورة العمر ويجب معرفـــة معـــدل التضخـــم الاقتصادي ومعدل الخصم ومعدل الربح السنوي للمـــال (الفائدة المصرفية) تلك القيمة من المال تسمى القيمة الحالية لتكلفة المشروع طول عمره، ويمكن التعبير عـــن القيمـــة الحالية بالمعادلة التالية:

تكلفة دورة العمر = تكلفة كل احتياجات المنظومة عنـــد تشـــييدها + القيمـــة الحاليـــة للتكـــاليف السنوية [15].

ويجب أن تشمل القيمة الحالية الكلية للتكاليف الســـنوية والمستمرة على طول عمر المشروع تكـــاليف التشـــغيل والصيانة والوقود للبدائل المستخدمة في المقارنة الاقتصادية. ويمكن أن تصاغ القيم الحالية المتكررة دورياً (على أســـاس السنة الواحدة) للتشغيل والصيانـــة وكافـــة الطـــوارئ، لحساب الصعود والهبوط في التكلفة ويعبر عنها بجـــدوى تشغيل أول سنة، ويمكن حساب التكاليف المتكررة دوريـــاً يمكن حسابها من المعادلة التالية:

$$X_{as} = \left\{ X_0 \left(\frac{1+g_0}{k-g_0} \right) \left[1 - \left(\frac{1+g_0}{1+k} \right)^N \right] \right\}$$

إذا كانت $K = g_0$

وتكون $X_{ss} = X_0.N$ عندما $K = g_0$

حيث:-

X_{ss}: التكلفة الحالية والصيانة وسعر الوقود على طول مدة التشغيل.

X_0: تكلفة التشغيل والصيانة والوقود في السنة الأولى.

g_0: معدل ارتفاع سعر الوقود والتشغيل والصيانة.

K: سعر الفائدة المصرفية.

N: عمر المنظومة مقدراً بالسنوات ويساوي 25 ســـنة في أنظمة المقطرات الشمسية.

ويمكن حساب تكلفة التشـــغيل والصيانـــة في الســـنة الأولى X_0 من العلاقة:-

$$X_0 \frac{PK(1+K)^N}{(1+K)^N - 1}$$

حيث P التكلفة الأساسية

ويتطلب التحليل الاقتصادي لأي منظومة معرفة عمـــر المنظومة وعمر عناصرها المختلفة، ويفترض هنا أن يكـــون

عمر المنظومة 25 عاماً، هذا العمر لا يعني أن العناصر المستخدمة يجب أن تصمم بحيث ينتهي عمرها بانتهاء هذه الفترة، والمعدات التي لها عمر المنظومة تطرح بعد الـ 25 سنة. ويوضح الجدول (1) سعر المتر المكعب ويكون مرتفعاً نسبياً لأن المقارنة أقيمت على أساس تكلفة المشروع مع الإنتاجية السنوية، وبافتراض أن عمر المقطر 25 سنة ومعدل التضخم للتشغيل والصيانة 0.09، وسعر الفائدة 0.12 فإن:

$$X_{pv} = \left[\frac{1.09}{0.03}\left(1-\frac{1.09}{1.12}\right)^{25}\right]$$

$$X_{pv} = X_0 \quad (17.90)$$

وبفرض أن الإنتاجية متساوية لكل الأعوام فتصبح التكلفة أقل كما هو مبين في الجدول (2).

وهذا السعر يعتبر مرتفعاً نسبياً نتيجة عدم تداول صناعة المقطرات الشمسية وستنخفض أسعارها بنسبة كبيرة إذا ما كثر استخدامها.

جدول (1) مقارنة لتكاليف المياه المحلاة من المقطرات الشمسية [14،12]

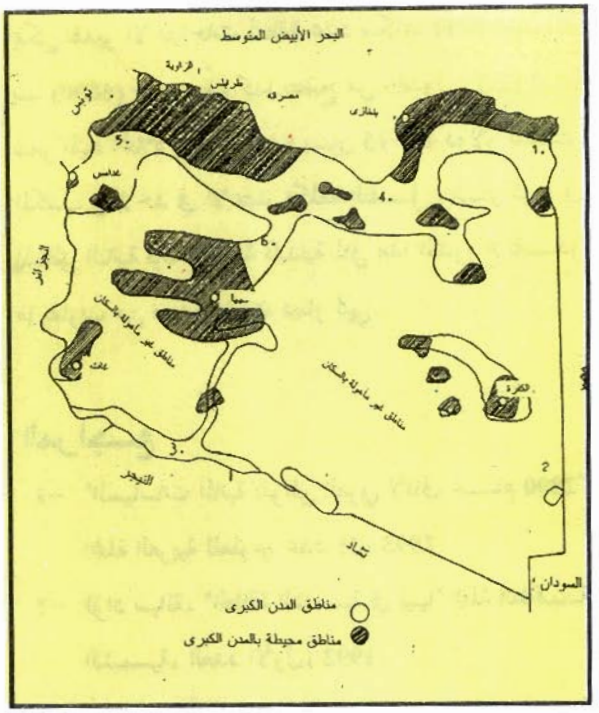
نوع المقطر	المرجع	المكان	تكلفة المنظومة	الإنتاجية السنوية (لتر)	كلفة اللتر	كلفة المتر المكعب دولار/م3
أحادي ومزدوج الميلان	[7]	كوستاريكا	3396.91 كولونس	2378.2	1.43 كولونس/لتر	19.10
أحادي الميلان محسن	[6]	الهند	5283.31 روبية	18868.3	0.28 روبية/لتر	23.33
مزدوج الميل محسن	[6]	الهند	6168.26 روبية	19897.6	0.31 روبية/لتر	25.80

جدول (2) مقارنة لتكاليف المياه المحلاة من المقطرات الشمسية على طول عمر المنظومة

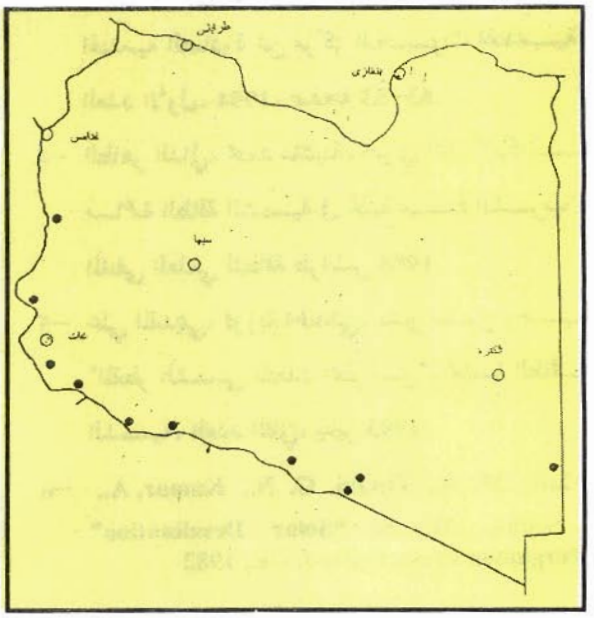
نوع المقطر	المرجع	المكان	التكلفة الكلية للمنظومة طول عمرها	الإنتاجية السنوية طول عمر المنظومة (لتر)	كلفة اللتر	كلفة المتر المكعب دولار/م3
أحادي ومزدوج الميلان	[7]	كوستاريكا	60,804.96 كولونس	59,455.0	1.022 كولونس/لتر	13.6
أحادي الميلان محسن	[6]	الهند	94,565.7 روبية	471,707.5	0.20 روبية/لتر	16.7
مزدوج الميل محسن	[6]	الهند	110,411.8 روبية	497,440.0	0.222 روبية/لتر	18.0

استخدام المقطرات الشمسية بالمناطق النائية

بالرجوع إلى التوزيع السكاني لمعظم الدول، يلاحظ أن معظم السكان يعيشون حول المدن الكبيرة حيث يمكن توفير مياه محلاة وبتكلفة مقبولة. ولكن في القرى الصغيرة التي لا يزيد عدد سكانها عن 1000 نسمة يتعذر توصيل خدمات المياه العذبة بالطرق التقليدية لبعد المسافة وضعف الطلب نسبياً. يوضح الشكل (1) المناطق التي توجد بها تجمعات سكانية كبيرة والتي يمكن إمدادها بالمياه المحلاة بالطرق التقليدية، ويوضح الشكل (2) المناطق النائية والتي هي بحاجة إلى ماء عذب محلى



شكل (1)



شكل (2)

ويتعذر إمدادها من مناطق التجمعات الكبيرة، كما يوضح الشكل (2) أيضاً ست (6) مناطق مدروسة يقل فيها عدد السكان عن 1000 نسمة ويقدر عدد عائلاتها في حدود 200 عائلة ويقدر الاستهلاك الترشيدي للعائلة 200 لتر يومياً فيها مياه الغسل والتنظيف. وتطبيق مشروع لإدارة المياه في هذه المناطق، سوف يكون مفيداً ويجب مراعاة زيادة الطلب الذي من السهل أيضاً دراسته.

برنامج تحلية المياه للمناطق النائية

مما سبق فإن هذه الورقة عرضت دراسة حول المقطرات الشمسية وإمكانية الاستفادة منها في التحلية، وهنا يمكن وضع برنامج علمي لبدء تطبيق استخدام المقطرات الشمسية بالمناطق النائية كما يلي:

الخطوة الأولى

تكوين هيئة تتعاون مع المؤسسات الدولية المناظرة تحدد جميع الشروط القانونية لتطوير برنامج كيفية توفير مياه محلاة للمناطق لنائية التي يقل فيها عدد السكان عن 1000 نسمة، والمكتب الإقليمي لهذه المنظمة يمكن أن يقترح أكثر من الست مناطق المقترحة في هذه الدراسة.

الخطوة الثانية

عمل دراسة منطقية تحسب وتجمع جميع المعلومات المطلوبة لحجم هذه التجمعات في المناطق النائية وطبيعة معيشتهم وهذا يعني القيام بزيارات منظمة لهذه المناطق.

الخطوة الثالثة

إدارة محطات تجريبية تُنصب في مناطق مختلفة لدراسة كيفية عمل هذه المقطرات الشمسية ومدى توافق هذه النظم الجديدة مع السكان المحليين، وفي هذا الإطار يمكن توفير

ثلاثة أنواع من المقطرات توزع على ثلاث مناطق مختلفة لدراسة تجارب تشغيلها.

الخطوة الرابعة

تجميع جميع المعلومات المتعلقة بدراسة الأنظمة التجريبية والمسح الشامل لجميع المناطق النائية بالجماهيرية، وتوضع الحالات الأولوية لمتطلبات المناطق النائية التي تحتاج إلى مياه محلاة على ضوء واقع المنطقة.

الخطوة الخامسة

إعداد المواصفات الفنية للمقطرات الشمسية المطلوبة لتوافق الظروف المحلية. واختيار المعدات سهلة التشغيل والإدارة

ولها عمر طويل وتقل فيها أعمال الصيانة، يمكن شراء معدات تجريبية من خلال برنامج الأمم المتحدة للمساعدات التقنية United Nations Technical Assistance Program أو أية جهة دولية ينـاط بها الإشراف على هذا العمل ويمكن أن تقوم المنظمة العالمية للطاقة بعملية الإشراف إذا ما طلب منها ذلك.

الخطوة السادسة

دراسة إمكانية تصنيع بعض أجزاء المقطرات محلياً وكافة متعلقاتها.

التكلفة المبدئية لمنظومة مقطرات شمسية

بعد دراسة المقطرات الشمسية كوحدات فإنه من المفيد وضع التكلفة المبدئية حيث تقدر احتياجات الفرد من الميله المحلاة للشرب والطهي بـ (ست 6) ليترات يومياً وبذلك يمكن تقدير الاحتياجات لمنطقة عدد سكانها 1000 نسمة بـ (6000) لتر يومياً وكما يتضح من الجدول (2،1) فإن سعر المياه المحلاة يتراوح ما بين 13–18 دولار للمتر المكعب وبالأخذ في الاعتبار تكلفة النقل والتركيب في المناطق النائية فإن التكلفة المبدئية لمثل هذا المشروع تقدر ما يقارب من نصف مليون دينار ليبي.

المراجع

1– "السياسات المائية للوطن العربي لأفاق عام 2000" المجلة العربية للعلوم، عدد 21، 1993.

2– فؤاد سيالة، "الطاقة الشمسية في ليبيا" مجلة الطاقة الشمسية، العدد الأول، 1992.

3– محمد عبدالله المنتصر، حسين مختار زايد، "التحلية كحل لمشاكل المياه بمدينة طرابلس"، مجلة البحوث الهندسية الصادرة عن مركز البحوث الهندسية، العدد الأول، 1994، صفحة 53–63.

4– الطاهر الدالي، محمد ماشينة، خيري أغا، "إمكانية مساهمة الطاقة الشمسية في تحلية مياه الشرب"، الملتقى العلمي للطاقة طرابلس 1988.

5– علي المقديمي، فوزية الحناشي، بشير بن رجب، "المقطر الشمسي المتعدد الطوابق"، مجلة الطاقة الشمسية، العدد الثاني، يناير 1993.

6– Malil, M. A., Tiwari, G. N., Kumar, A., Sodha, M. S. "Solar Desalination" Pergamon Press, Oxford, UK, 1982

7– Tiwari, G. N., "Recent Advance in Solar Desalinaton" Solar Energy & Energy Conservation, Wiley Easten Limited New Delhi, Indian, 1992.

8- Tiwari, G. N., Yaday, Y. P., Eames, P. C. and Norton, B., "Solar Desalination Systems the State of Art in Design Development and Performance Analysis" Renewable Energy Progaman Press Vol. 5, N. 1, 1994, PP509-516.

9- عواد الخوري "تحلية المياه بواسطة الطاقة الشمسية" كتيب أبحاث الحلقة الدراسية الأولى للطاقة الشمسية وتطبيقاتها، إعداد عاطف دبس، اتحاد مجالس البحث العلمي العربية، الأمانة العامة معهد الكويت للأبحاث العلمية، المكتبة الوطنية، 1983.

10- د.صالح أبو غريس "تحلية المياه" الحلقة الدراسية، المنظمة العالمية للطاقة، 1998.

11- Yaday, Y. P. and Tiwari, G. N. "Monthly Comparative Performance of Splar Stills of Varius Design" Desalination, 1987, pp 56-67.

12- Sodha. Y. P. and Tiwari, G. N. "Demonstration Plants of FRP Multi-wick Solar Still: an Experimental Study" Solar and Wind Technology. 6, 653.

13- Singh, A.K. "Computer Moding of Advanced Solar Desalination System" CES IIT, New Delhi, India, 1993.

14- Nadwani, S. S. "Economic Analysis of Domestic Solar Still in Climate of Cost Rica "Solar and Wind Technology, 7,219, 1990.

ملخص

احتياجات الإنسان للمياه العذبة في الشرب والزراعة والصناعة من أهم المشاكل التي تواجه جميع دول العالم، وأصبح الاقتصاد في استهلاك المتوفر منها والبحث عن بديل هو الشغل الشاغل للمخططين لبناء الدول تحت شعار التنمية المستديمة.

ونظراً لأن الموارد المائية العذبة في تناقص مستمر مع الزيادة المستمرة في الحاجة البشرية لتلك الموارد أصبح من الضروري ابتكار طرق لتحلية المياه المالحة. التي أصبحت من أهم البدائل لتديم المياه العذبة. ونتيجة لذلك تم تطوير المقطرات الشمسية لاستغلال الطاقة الشمسية في التحلية.

وفي هذا البحث تتم دراسة المقطرات الشمسية وطرق عملها ومقارنة تكاليف المياه المحلاة من المقطرات الشمسية. من خلال التصور الجديد في تصميم وحدات المقطرات الشمسية غير المباشرة تم تحسين كفاءة هذه المقطرات عن المستعمل حالياً. وبافتراض تصنيع هذه المقطرات محلياً وبكلفة رخيصة فإن التحلية عن طريق المقطرات الشمسية يمكن أن تقدم الخيار الفاعل لتوفير المياه المحلاة.

وتهدف هذه الورقة إلى تقديم عرض موجز عن تطور استغلال الطاقة الشمسية لتحلية المياه، وخيار نقل تقنياتها كنماذج يتم اختبارها بما يلائم البيئة المحلية تم البدء في تصنيعها بالمشاركة مع جهات دولية، وتقديم اقتصادياتها بالمناطق النائية.