

## تصميم محطة تحلية تعمل بالطاقة الشمسية

م. عبد الحميد عبد الله الزروق \*

### 1 - مقدمة :

يوما بعد يوم تزداد أهمية المياه الصالحة للشرب في ظل التزايد السكاني ونتيجة للتغيرات المناخية التي شهدها العالم مؤخرا، والتي أصبحت بموجبها المناطق الجافة أكثر جفافا وعصفت الفيضانات بالمناطق المطيرة، وحتى المخزون الجوفي الذي تجمع عبر السنوات الطوال لحقه ما لحقه من الاستنزاف والتلوث، وفي حين تضع المواصفات الليبية 1000 ملليجرام/لتر حد أقصى لمحتوى المياه الصالحة للشرب من المواد المذابة ، فقد تجاوزتها الكثير من المناطق بالجمهورية إن لم نقل أغلبها، حتى أنها تجاوزت 10000 ملليجرام/لتر في مدينة طرابلس.

خيارا مستقبليا، والتحلية بالطاقة الشمسية تعتبر موردا واعدة لتزويد الأجيال القادمة بالمياه الصالحة للشرب، خاصة في ظل تمتع الجماهيرية بمستوى عال من الشمس وبساحل هو الأطوال على البحر الأبيض المتوسط.

ولمناقشة هذا الموضوع نريد تحديد بعض الثوابت أو الخطوط العريضة والتي نخدمنا في وضع رؤية استراتيجية لحل هذه المشكلة:

- التقنيات الموجودة حاليا غير ناضجة بشكل تام، ولهذا فهي مازالت بحاجة للمزيد من البحث والتطوير.
- إن السير في هذا الطريق لا يلغي أي من البدائل الأخرى والتي يمكن أن تعمل بشكل مجتمعة أو تتفاضل فيما بينها حسب جدواها الاقتصادية.
- إن الأسعار غير الاقتصادية لتحلية المياه بالطاقة الشمسية في الوقت الحاضر قد تصبح كذلك في المستقبل بسبب

وتوفير المياه الصالحة للشرب لا يسعنا سوى إتباع أحد السبيلين:

1. نقل المياه من أماكن توفرها إلى أماكن الطلب عليها، سواء كانت تلك العملية تتم في داخل البلد نفسه أو من بلد إلى آخر، ويمثل النهر الصناعي المشروع الأضخم من نوعه في العالم في هذا المجال.
2. تحلية المياه، والتي تستخدم مع مياه البحار أو مياه الآبار غير الصالحة للشرب.

ورغم أن البديل الأخير يتميز بارتباطه بالمياه المالحة التي تشكل مصدرا غير ناضب خاصة إذا كان البحر هو مصدر تلك المياه، إلا أنه يحتاج لكميات هامة من الطاقة ، وإن كانت هذه الطاقة تتوفر حالياً من خلال النفط والغاز، فإن كلا منهما لا يمكن الرهان عليه مستقبلا بسبب حتمية نضوبه. الأمر الذي يدفع باتجاه بدائل أخرى يمكن أن تشكل

الشمسية، والجدير بالذكر أن هذا النوع من التقنية مستخدم على نطاق واسع حاليا خاصة في مجال تحلية مياه البحر.

وفيما يلي بعض المواصفات الهامة للمحطة:

**المجمع الشمسي:** ويقترح استخدام المجمع الشمسي المستوي ذو الزجاج المزدوج ليعمل على رفع درجة حرارة الماء إلى ما يقارب المائة درجة مئوية، وتتم عملية التدوير بواسطة الحمل الطبيعي، وتعتمد مساحة المجمع اللازمة لتشغيل المحطة على كل من الإشعاع الشمسي، كفاءة المجمع، حجم وحدة التقطير، زمن التشغيل الاقتصادي.

**وحدة التخزين:** وتشمل خزانين احدهما للماء الساخن والآخر للماء المستعمل، ويعتمد حجم الخزانين على المقارنة بين تكلفة التخزين والمجمع الشمسي إلى تكلفة وحدة التقطير، فإن كانت تكلفة الأولى أقل من الثانية شجع الأمر على زيادة سعة التخزين، وبالتالي زمن تشغيل وحدة التقطير، وذلك لخفض التكلفة الإجمالية للمتر المكعب من الماء المحلى.

**الغلاية:** وتستخدم لتزويد المحطة بالبخار اللازم لعملية

التضخم في أسعار الوقود وزيادة العجز المائي .

وسنحاول في هذه الدراسة المساهمة في البحث عن حل يمكن الأجيال القادمة من العيش برفاهية على هذه الأرض وذلك من خلال تقديم تصورين أو مقترحين لخطي تحلية تعملان بالطاقة الشمسية تعتمد أولاهما على تقنية التقطير الوميضي متعدد المراحل والثانية على تقنية التناضح العكسي.

## 2. المقترح الأول:

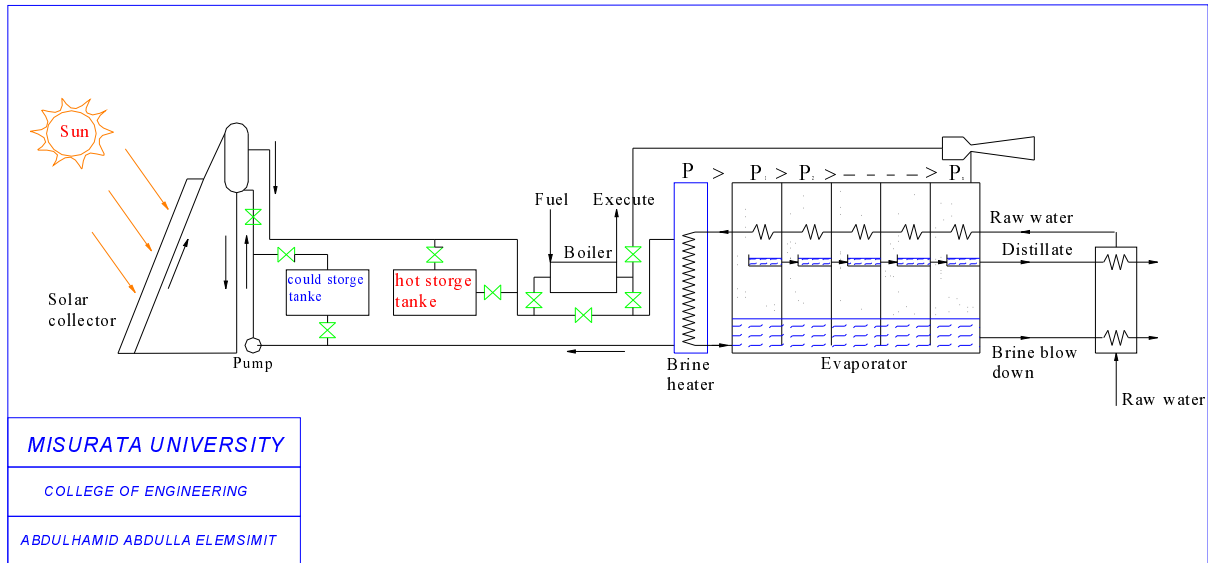
### 2. 1. نبذة عامة:

التصميم الموضح بالخريطة (1) يمثل محطة تحلية تعمل

بالطاقة الشمسية وتنقسم إلى قسمين رئيسين :

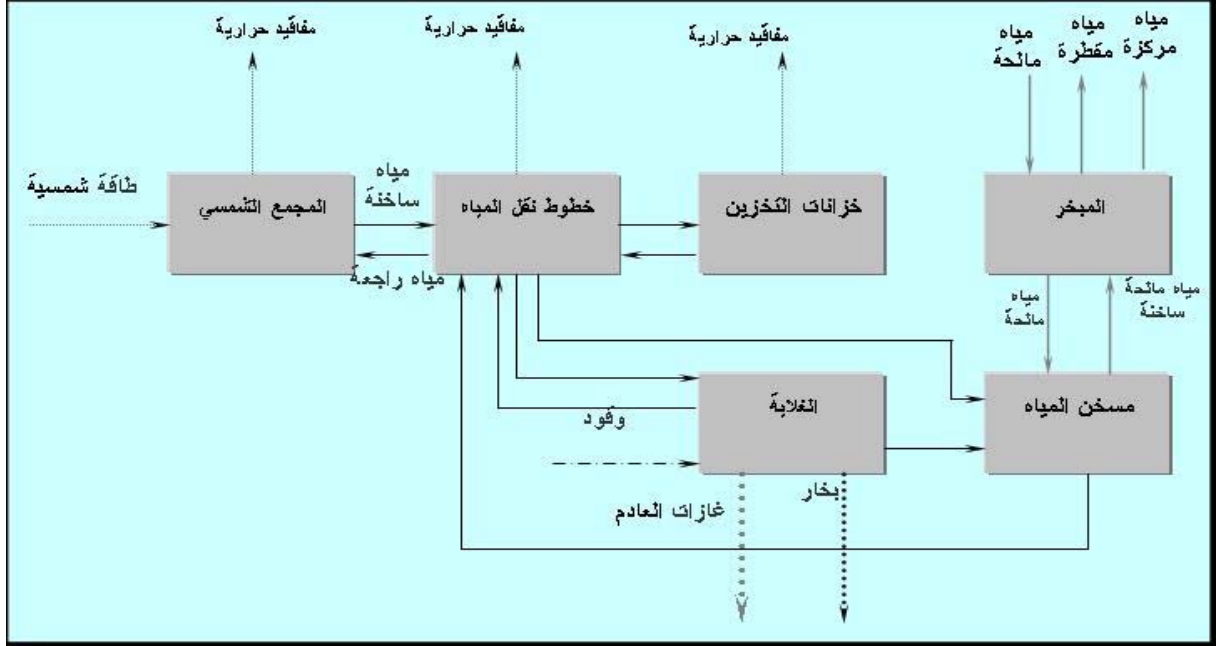
**القسم الأول:** ويمثل القسم الشمسي من المحطة، والذي يعتمد على تحويل أشعة الشمس إلى حرارة عن طريق المجمع الشمسي، وهي أداة درست جيدا وتملك تاريخا طويلا من التجارب.

**القسم الثاني:** ويمثل قسم التحلية، وهو مشابه لأي محطة تحلية تعمل بالتقطير الوميضي متعدد المراحل (MSF) باستثناء جزء الغلايات والذي استعيض عنه بالمنظومة



خريطة رقم (1) تمثل محطة تحلية تعمل بالطاقة الشمسية

## تقنيات الطاقة



شكل (1) مخطط الطاقة لمحطة التحلية المقترحة

للمحطة.

### 2. 1. المجمع الشمسي:

لتصميم المجمع الشمسي يلزمنا بداية تحديد كمية الحرارة المطلوب تجهيزها والتي يمكن حسابها من المعادلة التالية:

$$Q^o = m_{hw}^o C (T_{f(2)} - T_{f(1)}) \dots \dots \dots (1)$$

حيث:

$Q^o$ : كمية الحرارة التي يجهزها المجمع إلى المنظومة نسبة للزمن.

$m_{hw}^o$ : معدل تدفق المياه التي يجهزها المجمع.

$C$ : السعة الحرارية للماء.

$T_{f(1)}$ : درجة حرارة خروج المائع من الخزان العلوي.

$T_{f(2)}$ : درجة حرارة دخول المائع إلى الخزان العلوي.

ومنها يمكننا حساب مساحة المجمع بالمعادلة التالية:

$$A_c = \frac{Q^o}{\eta_c I} \dots \dots \dots (2)$$

التفريغ في وحدة التحلية، كذلك في التشغيل المشترك لوحدة التحلية إذا كان ذلك اقتصادياً.

**مسخن المياه المالحة:** وتعتمد مساحته العاملة على الفرق في درجات الحرارة بين المياه القادمة من الوحدة الشمسية والمياه المالحة المراد تحليتها، كذلك على نسبة التدفق الكتلي بينهما.

**وحدة التبخير متعددة المراحل:** وتعتمد عدد مراحلها على حجم الخطة أو قدرتها الإنتاجية كذلك على المدى الحراري الذي تشتغل عنده والذي تبعاً له يحدد مداها الضغطي أيضاً.

### 2. 2. النموذج الرياضي:

شكل حصة الوقود من التكلفة الإجمالية لتحلية المياه حوالي 40% [1]، ولكي تكون الخطة المقترحة اقتصادية مقارنة بنظيراتها من المحطات التقليدية، يجب أن تكون تكلفة الجزء الشمسي منها مطروحاً منه الوفرة المتحقق من التقليل في حجم الغلايات أقل من أو يساوي تلك الأربعين في المائة. ولتحليل النظام المقترح يوضح شكل(1) مخطط الطاقة

حيث:  $U'_{2a}$  : معامل انتقال الحرارة الخطي من الزجاج الثاني إلى الهواء الجوي.

$U_{ca}$  : معامل انتقال الحرارة الخطي من صفحة النجم إلى الهواء الجوي.  
والمعادلات التالية توضع كيفية حساب معاملات انتقال الحرارة الخطية الوارد ذكرها في المعادلة السابقة:

$$U'_{c1} = U_{c1} + \frac{\varepsilon_c \sigma (T_c^4 - T_1^4)}{T_c - T_1} \dots\dots\dots (5)$$

$$U'_{2a} = U_{2a} + \frac{\varepsilon_2 \sigma (T_2^4 - T_a^4)}{T_2 - T_a} \dots\dots\dots (7)$$

حيث:

$\sigma$  : ثابت ستيفان - بولتزمان.

$\varepsilon$  : انبعاثية السطح.

ويمثل الحد الأول في المعادلات السابقة معامل انتقال الحرارة الناتج من التوصيل والحمل، أما الحد الثاني فيمثل معامل انتقال الحرارة الخطي الناتج عن الإشعاع، وباقي التفاصيل موضحة على الشكل (2)، وللحصول على  $U_{c1}, U_{12}, U_{2a}, U_{ca}$  تستخدم العلاقات التالية:

$$\frac{1}{U_{c1}} = \frac{1}{h_{c1}} \dots\dots\dots (8)$$

$$\frac{1}{U_{12}} = \frac{1}{h_{12}} + \frac{t_2}{k_2} \dots\dots\dots (9)$$

$$\frac{1}{U_{2a}} = \frac{1}{h_{2a}} + \frac{t_3}{k_3} \dots\dots\dots (10)$$

$$\frac{1}{U_{ca}} = \frac{1}{h_{ca}} + \frac{t_1}{k_1} \dots\dots\dots (11)$$

حيث:

$k$  : معامل انتقال الحرارة بالتوصيل.

$h$  : معامل انتقال الحرارة بالحمل.

ويمكن إيجاد  $k$  من الجداول الخاصة بخواص المواد

حيث:

$A_c$  : مساحة النجم.

$I$  : كثافة الإشعاع الشمسي الساقط على النجم.

$\eta_c$  : كفاءة النجم.

ولحساب كفاءة النجم الشمسي الموضح بالشكل (2)

يمكننا استخدام المعادلة التالية: [6]

$$\eta_c = \frac{m_c^{\circ} C}{LWU} \left( 1 - e^{-ULW/m_{hw}^{\circ}} \right) \left( \alpha - U \frac{T_{f(0)} - T_a}{I} \right) \dots\dots\dots (3)$$

حيث:

$m_c^{\circ}$  : معدل التدفق داخل النجم.

$\alpha$  : الكفاءة البصرية.

$U$  : معامل انتقال الحرارة الخطي.

$T_a$  : درجة حرارة المحيط.

$T_{f(0)}$  : درجة حرارة دخول المائع إلى النجم.

$L$  : طول الأنابيب.

$W$  : المسافة بين الأنابيب.

ولحساب معامل انتقال الحرارة الخطي للمبادل

نستخدم المعادلة التالية:

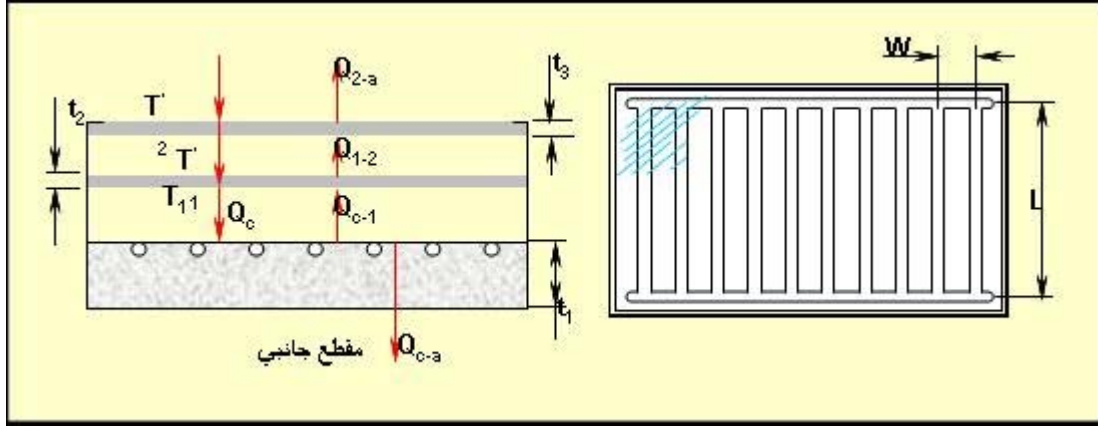
$$U = \frac{U'_{c1} U'_{12} U'_{2a}}{U'_{c1} U'_{12} + U'_{c1} U'_{2a} + U'_{12} U'_{2a}} + U_{ca} \dots\dots\dots (4)$$

حيث:

$U'_{c1}$  : معامل انتقال الحرارة الخطي من صفحة النجم إلى الزجاج الأول.

$U'_{12}$  : معامل انتقال الحرارة الخطي من الزجاج الأول إلى الزجاج الثاني.

$$U'_{12} = U_{12} + \frac{\varepsilon_1 \sigma (T_1^4 - T_2^4)}{T_1 - T_2} \dots\dots\dots (6)$$



شكل (2) المجموع الشمسي

**ثانياً:** معامل انتقال الحرارة بين المجموع من الخلف والهواء الجوي وبين زجاج المجموع الخارجي والهواء الجوي، يحسب بواسطة المعادلة (14) [3]، وإذا كانت زاوية ميل المجموع الشمسي تزيد عن 60 درجة تستخدم المعادلة (15) [3] للحصول على معامل انتقال الحرارة بين زجاج المجموع الخارجي والهواء الجوي ويبقى الآخر كما في الحالة السابقة.

$$Nu_{av} = 0.56(Ra_L \cos(90 - \theta))^{1/4} \dots \dots \dots (14)$$

حيث:

$Ra$ : عدد ريلي ألا بعدي.

$$\left. \begin{aligned} Nu_{av} &= 0.16(Ra_L)^{1/3} \dots \dots \dots 10^6 < Ra < 2 \times 10^8 \\ Nu_{av} &= 0.13(Ra_L)^{1/3} \dots \dots \dots 5 \times 10^8 < Ra < 10^{11} \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (15)$$

وبالرجوع للمعادلة (3) نجد أننا مازلنا بحاجة لحساب كلا من الكفاءة البصرية للمجموع  $\alpha$  كذلك على معدل التدفق داخل المجموع  $m_c^o$ ، ونحصل على الأولى من المعادلة التالية:

المختلفة، أما  $h$  فيمكن حسابها من العلاقات التالية: [3]  
**أولاً:** معامل انتقال الحرارة بين صفيحة المجموع والزجاج الأول، و معامل انتقال الحرارة بين الزجاج الأول والثاني.

$$Nu_o = 1 + \left( Nu_{\pi/2} - 1 \right) \sin \theta \dots \dots \dots (12)$$

حيث:

$Nu_o$ : عدد نسلت ألا بعدي.

$\theta$ : زاوية ميل المجموع الشمسي على الأفقي.

ولإيجاد عدد نسلت عند الزاوية  $\frac{\pi}{2}$  يمكن استخدام

أي من المعادلات التالية حسب قيم عدد جراشوف.

$$\left. \begin{aligned} Nu_{\pi/2} &= 0.18 Gr_{\delta}^{1/4} \left( \frac{\delta}{l} \right)^{1/9} \dots \dots \dots 20,000 < Gr_{\delta} < 200,000 \\ Nu_{\pi/2} &= 0.065 Gr_{\delta}^{1/3} \left( \frac{\delta}{l} \right)^{1/9} \dots \dots \dots 200,000 < Gr_{\delta} < 10^7 \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (13)$$

حيث:

$Gr$ : عدد جراشوف ألا بعدي.

$l$ : طول صفيحة المجموع دون حواجز.

$\delta$ : المسافة بين الصفيحة والزجاج الأول أو المسافة بين الزجاجيين.

$$\alpha = \tau_g^2 \varepsilon_c \dots \dots \dots (16)$$

حيث:

$\tau_g$ : نفاذية الزجاج.  $\varepsilon_c$ : امتصاصية صفيحة الجمع.

وبفرض أن عملية تدوير المائع داخل الجمع تتم بواسطة الحمل الطبيعي، والتي تعتمد على وجود فرق في كثافة المائع النازل من الخزان العلوي عبر الأنابيب الخارجية والمائع الصاعد في أنابيب الجمع، نتيجة لفرق درجات الحرارة، يمكن الاستعانة بالمعادلات التالية: [8]

$$\frac{Z(\rho_d - \rho_r)}{\gamma} = \sum h_d + \sum h_r \dots \dots \dots (17)$$

حيث:

$Z$ : ارتفاع الجمع الشمسي

$\rho_d$ : كثافة المائع في الأنابيب النازلة

$\rho_r$ : الكثافة المتوسطة للمائع في أنابيب الجمع

$\gamma$ : الوزن النوعي

$h_d$ : مفايد الانسياب في الأنابيب النازلة

$h_r$ : مفايد الانسياب في أنابيب الجمع

$$\rho_{mv} = \frac{\rho_1}{\rho_1 / \rho_2 - 1} \ln \frac{\rho_1}{\rho_2} \dots \dots \dots (18)$$

حيث:

$\rho_1$  &  $\rho_2$ : كثافة المائع عند أسفل وقمة الجمع على التوالي. والتي

يمكن إيجادها بدلالة درجة الحرارة ومعامل التمدد الحراري  $\beta$ .

وتشمل مفايد الانسياب كلا من مفايد الاحتكاك والدخول والخروج كذلك مفايد الأكواع والتغير في مساحة المقطع والتي يمكن التعويض عنها بالعلاقة التالية:

$$h_l = \left( \sum k + \frac{fl}{d} \right) \left( \frac{v^2}{2g} \right) \dots \dots \dots (19)$$

حيث:

$k$ : معاملات الفقد في الأكواع والتغير في المساحة.

$f$ : معامل الاحتكاك.  $l$ : طول الأنابيب.

$d$ : قطر الأنابيب.  $v$ : السرعة داخل الأنابيب.

ومن المعادلة السابقة وبالتعويض في المعادلة (17) نحصل على الآتي:

$$m_o^o = n A_r \rho_r \sqrt{\frac{2gZ(\rho_d - \rho_r)}{\gamma \left[ \left( \sum k_r + \frac{f_r l_r}{d_r} \right) + \left( \sum k_d + \frac{f_d l_d}{d_d} \right) \left( \frac{A_r}{A_d} \right) \right]}} \dots \dots \dots (20)$$

حيث:

$n$ : عدد أنابيب الجمع.

$A_r$ : مساحة مقطع أنابيب الجمع.

## 2.2.2. خزانات المياه:

ويعتمد حجمها على حجم المبخر وزمن التشغيل وزمن الشمس كما في العلاقة التالية:

$$V = \frac{m_{hw}^o (\tau_o - \tau_s)}{\eta_{st} \rho} \dots \dots \dots (21)$$

حيث:

$\eta_{st}$ : كفاءة التخزين.

$m_{hw}^o$ : معدل استهلاك المياه الساخنة في وحدة التحلية.

$\tau_s$ : زمن الشمس المتوقع لليوم الواحد.

$\tau_o$ : زمن تشغيل وحدة التحلية خلال اليوم.

ولحساب كفاءة التخزين يجب معرفة الفقد الحراري لكل من الحوائط الجانبية والعلوية للخزانات على النحو

## تقنيات الطاقة

$$\left. \begin{aligned} Nu_{av} &= 0.54 Ra^{1/4} & 2.6 \times 10^4 < Ra < 10^7 \\ Nu_{av} &= 0.15 Ra^{1/3} & 10^7 < Ra < 10^{10} \end{aligned} \right\} \dots (26)$$

### 2. 2. 3. خطوط النقل:

تتركز الدراسة الخاصة بخطوط النقل على حجم المفايد الحرارية المعتمدة بشكل كبير على سمك العازل المستخدم، وعلى أقطار تلك الأنابيب اللازمة لنقل كميات المياه بالكلفة الاقتصادية المقبولة، وستقتصر الدراسة هنا على المفايد الحرارية التي يمكن إيجادها باستخدام المعادلتين (23) و (24)، والتي تحتاج لحساب معاملات انتقال الحرارة بالحمل القسري داخل الأنابيب والتي يمكن الحصول عليها من المعادلة التالية: [3]

$$Nu = \frac{\left(\frac{f}{8}\right) Re Pr}{1.07 + 12.7 \sqrt{\frac{f}{8}} \left(Pr^{2/3} - 1\right)} \left(\frac{\mu}{\mu_w}\right)^{0.25} \dots (27)$$

$$f = [1.82 \log_{10} (Re - 1.64)]^{-2} \dots (28)$$

مع العلم بأن جميع الخواص للمعادلة السابقة تؤخذ عند درجة حرارة المائع عد  $\mu_w$  والتي تمثل اللزوجة عند درجة حرارة الجدار. أما عن معامل الحمل على الأنابيب من الخارج والناجم عن الحمل الطبيعي فيعطى بالعلاقة التالية: [3]

$$Nu_{av} = 0.478 Ra^{0.25} Pr^{0.05} \dots (29)$$

مع الأخذ في الاعتبار درجة الحرارة التي تؤخذ عندها الخواص والتي تعطى بالعلاقة التالية:

$$T = T_w + 0.32 (T_w - T_\infty) \dots (30)$$

### 2. 2. 4. المبادل الحراري (مسخن المياه المالحة):

واختير مبادل من النوع المتعاكس الجريان وذلك

الآتي:

$$Q = A_0 U_0 \Delta T \dots (22)$$

**أولاً:** الحوائط الجانبية، حيث يعطى معدل انتقال الحرارة الكلي نسبة إلى المساحة الخارجية بالمعادلة:

$$\frac{1}{U_0} = \frac{1}{h_0} + \frac{r_0}{k} \ln \left( \frac{r_0}{r_i} \right) + \left( \frac{r_0}{r_i} \right) \frac{1}{h_i} \dots (23)$$

حيث:

$h_i$  &  $h_o$  : معامل انتقال الحرارة بالحمل على الجدار الخارجي والداخلي على التوالي.

$r_o$  &  $r_i$  : نصف قطر الخزان من الداخل والخارج على التوالي.

ولإيجاد معامل انتقال الحرارة بالحمل الطبيعي لجدران الخزان نستعمل أي من المعادلات التالية حسب عدد ريلي: [3]

$$\left. \begin{aligned} Nu_{av} &= 0.68 + \frac{0.670 Ra^{1/4}}{\left[1 + \left(0.492 / Pr\right)^{1/6}\right]^{1/4}} & Ra_i < 10^9 \\ Nu_{av} &= [0.825 + \frac{0.387 Ra^{1/6}}{\left[1 + \left(0.492 / Pr\right)^{1/6}\right]^{1/4}}]^{1/2} & Ra_i > 10^9 \end{aligned} \right\} \dots 24$$

**ثانياً:** الحوائط العلوية حيث يعطى معدل انتقال الحرارة الكلي بالمعادلة الآتية:

$$\frac{1}{U_0} = \frac{1}{h_0} + \frac{t_{ins}}{k} + \frac{1}{h_i} \dots (25)$$

حيث:

$t_{ins}$  : سمك الطبقة العازلة.

وللحصول على  $h_o$  &  $h_i$  نستخدم أحد المعادلات التالية على حسب عدد ريلي كما في الحالة السابقة: [3]

انتقال الحرارة بالحمل داخل الأنابيب، أما من الخارج فتستعمل المعادلة التالية: [3]

$$Nu_{av} = 0.3 + 0.62 \phi \left[ 1 + 3.92 \times 10^{-4} Re^{5/8} \right]^{4/5} \dots (34)$$

$$\phi = Re^{1/2} Pr^{1/3} \left[ 1 + \left( 0.4 / Pr \right)^{2/3} \right]^{-1/4} \dots (35)$$

## 2.2.5. الغلاية:

يتركز اهتمامنا هنا على إيجاد كمية الوقود التي تستهلكها الغلاية لإنتاج البخار اللازم لإحداث التفريغ داخل المبخر، ولحساب كمية الوقود نستخدم المعادلة التالية:

$$m_f^o = \frac{m_{st}^o (h_{st} - h_w)}{\eta_b q_f} \dots (36)$$

حيث:  $m_f^o$  : معدل استهلاك الوقود.

$m_{st}^o$  : معدل استهلاك البخار.

$h_{st} & h_w$  : انثالي الماء الداخل إلى الغلاية والبخار الخارج منها.

$\eta_b$  : كفاءة الغلاية.  $q_f$  : القيمة الحرارية للوقود.

## 2.2.6. المبخر:

وبفرض أن R معامل أداء المبخر والذي يمثل النسبة بين كمية المياه المنتجة (المقطرة) لكل كيلو جول حراري يستهلكه المبخر. وتزداد قيمة R بزيادة عدد المراحل كذلك بزيادة المساحة السطحية الناقلة للحرارة، ولحساب تدفق المياه الساخنة اللازم تجهيزها للمبخر نستخدم العلاقة التالية:

$$m_{hw}^o = \frac{M}{R \tau_o C (Thi - Th0)} \dots (37)$$

للوصول إلى أعلى درجة حرارة ممكنة للمياه الماخمة، ويتركز الاهتمام هنا على مساحة المبادل اللازمة للإيفاء بمتطلبات التصميم من حيث توزيع درجات الحرارة والتي تتأثر بشكل واضح بمعدل التدفق لكلا المائعين البارد والساخن، ويمكن الحصول على مساحة المبادل (مساحة الأنابيب) من العلاقة التالية:

$$A = \frac{Q_{ex}}{U_{ex} LMTD} \dots (31)$$

حيث:

$Q_{ex}$  : كمية الحرارة المنقلة عبر المبادل.

$LMTD$

: المتوسط اللوغاريتمي لفرق درجات الحرارة.

ويحسب الأخير من المعادلة التالية:

$$LMTD = \frac{(\Delta T)_{x=0} - (\Delta T)_{x=L}}{\ln \left[ \frac{\Delta T_{x=0}}{\Delta T_{x=L}} \right]} \dots (32)$$

حيث:

$\Delta T$  : الفرق في درجات الحرارة بين المائعين عند الدخول والخروج من المبادل.

وتحسب كمية الحرارة المنقلة عبر المبادل كذلك كمية المياه الساخنة التي يحتاجها من المعادلة الآتية:

$$Q = m_{hw}^o C (Thi - Th0) = m_{av}^o C (Tc0 - Tci) \dots (33)$$

حيث:  $m_{hw}^o$  : معدل تدفق الماء الساخن إلى المبادل.

$m_{av}^o$  : معدل تدفق الماء إلى المبخر.

$Thi$  : درجة حرارة دخول المائع الساخن.

$Th$  : درجة حرارة خروج المائع الساخن.

$Tci$  : درجة حرارة دخول المائع البارد.

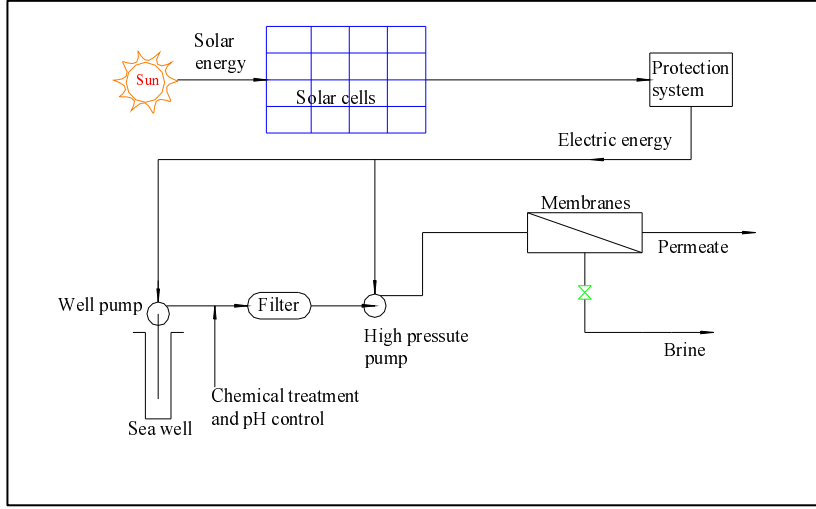
$Tc0$  : درجة حرارة خروج المائع البارد.

ويحسب معامل انتقال الحرارة الكلي بنفس

المعادلة رقم (24) و تستعمل المعادلة (27) لحساب معامل



## تقنيات الطاقة



خريطة (2) : مخطط للمقترح الثاني.

### 3. المقترح الثاني:

#### 3.1. نبذة عامة:

يشبه هذا المقترح المقترح السابق من ناحية كونه يتكون من جزئين هو الآخر، الجزء الشمسي، وهو عبارة عن مجموعة من الخلايا الشمسية والتي تحول الاشعاع الشمسي إلى طاقة كهربية مباشرة، وتتميز هذه الخلايا بقلّة تكلفة تشغيلها حتى أنّها تكاد تقترب من الصفر، أما الجزء الآخر فيمثل جزء التحلية والذي يعتمد على تقنية التناضح العكسي والتي أصبحت شائعة الإستعمال في هذه الأيام، وذلك بما تتميز به من تكلفة منخفضة من حيث المعدات، كما يمكن استخدامها بسعات صغيرة جدا حتى أنّها باتت تباع كأجهزة صغيرة للاستعمال المنزلي. ويتكون المقترح المقدم والموضح بالخريطة (2) من الآتي:

– منظومة الخلايا الشمسية، وتمثل مصدرا للتيار المستمر DC.  
– مضخة التغذية، ومهمتها إيصال المياه المالحة إلى مضخة الضغط المرتفع بعد تغلبها على مقاومة المرشح، والذي يستخدم للتخلص من العوالق خاصة العضوية منها، ويفضل استخدام مياه الآبار عن مياه البحر حتى ولو كانت على

حيث:  $M$  : إنتاجية المحطة لليوم الواحد.

### 2.3. محاكاة المحطة باستخدام

الحاسوب:

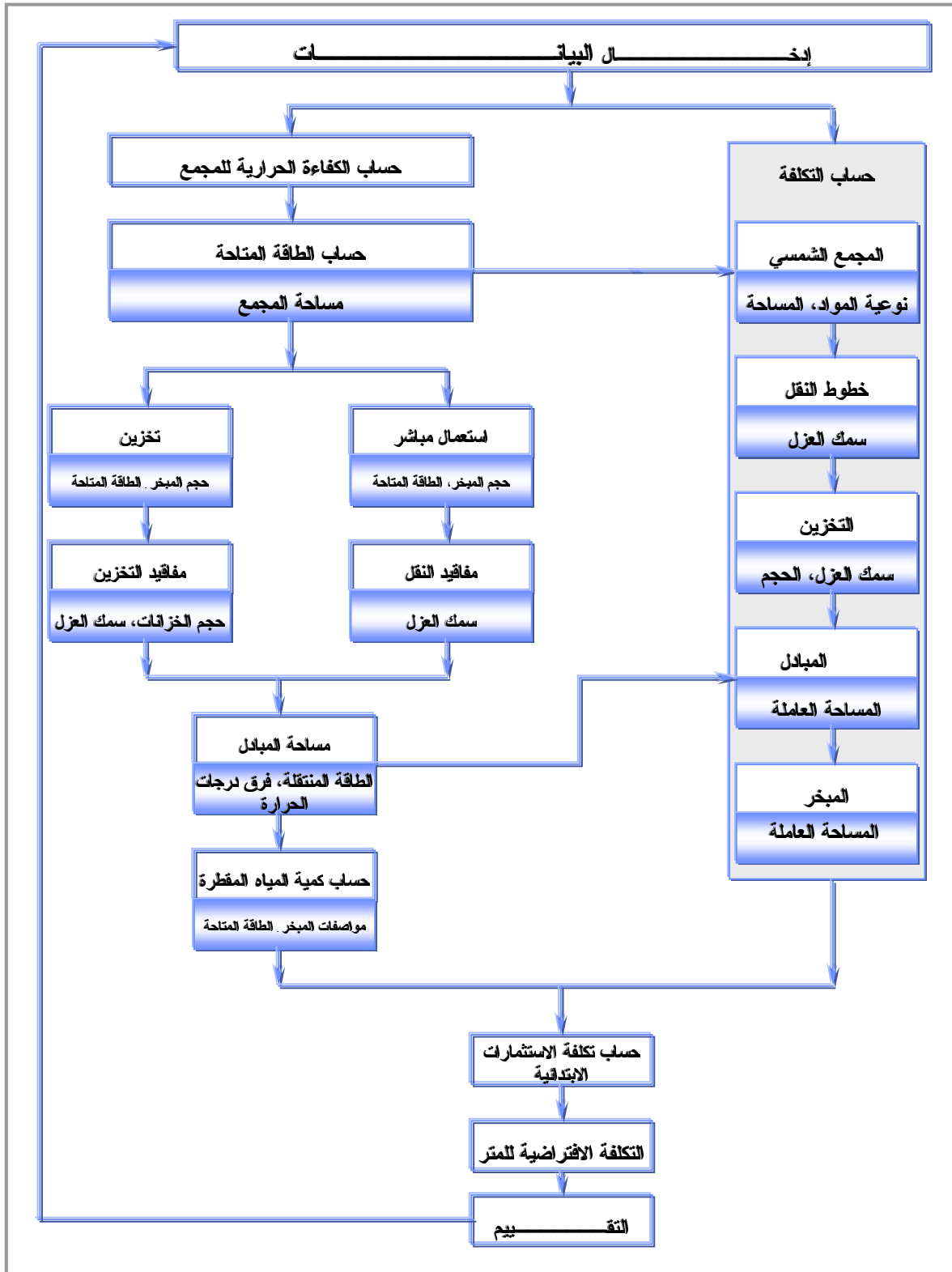
بعد التمثيل الرياضي التقريبي للمحطة فإننا نحتاج إلى طريقة ما لتحويل هذه العلاقات إلى واقع يمكن إدراكه، ولبلوغ هذه الغاية يقترح الإستعانة باحدى لغات البرمجة (MATLAB) ومنظومة المعادلات

السابقة في محاكاة المحطة المقترحة، وبهذه

الطريقة يمكننا التنبؤ بأداء عدد لا نهائي من التصميم وحالات التشغيل المختلفة، الأمر الذي يمكننا من الوصول إلى التصميم الأمثل، والشكل (3) يوضح المخطط الانسيابي للبرنامج المقترح. وكما نلاحظ فإن المقترح المقدم مبني على أساس تحديد مساحة المجمع الشمسي، وبناء عليها تحسب باقي القيم وصولا إلى حجم المبخر، وتوجد طريقة أخرى تبدأ بتحديد حجم المبخر، وبناء عليه تحسب باقي القيم وصولا إلى مساحة المجمع الشمسي.

وبعد الانتهاء من محاكاة المحطة باستخدام الحاسوب يقترح محاكاتها باستخدام نماذج عملية مصغرة وذلك للتأكد من موثوقية البرنامج، وعند الوصول إلى هذه النقطة نكون قد تحصلنا على مشروع جاهز للتنفيذ مجدوى اقتصادية واضحة المعالم.

ملاحظة: عند حساب تكلفة المياه المنتجة ومقارنتها بما يمكن الحصول عليه بطرق أخرى، يجب علينا الأخذ في الاعتبار المؤشرات الاقتصادية المختلفة، كمعدل التضخم في أسعار الوقود ومعدل الريح السنوي لرأس المال كذلك معدل الخصم والفائدة المصرفية وذلك على مدى العمر الافتراضي للمحطة. [5] [9]



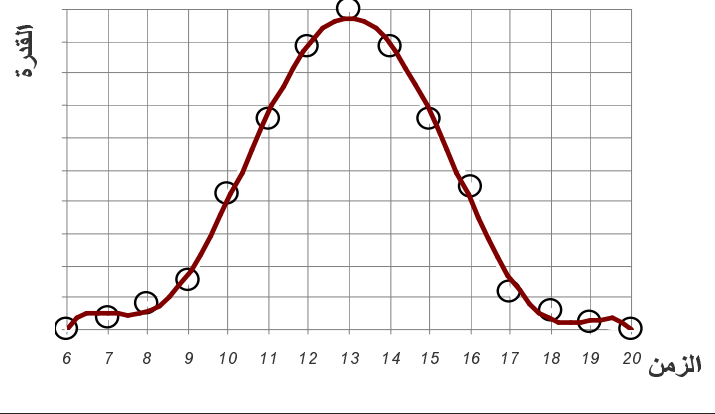
الشكل (3): يوضح المخطط الانسيابي للبرنامج المقترح.

## تقنيات الطاقة

تستخدم التريينات لاستعادة جزء من طاقة الضخ.

### 3. 2. النموذج الرياضي:

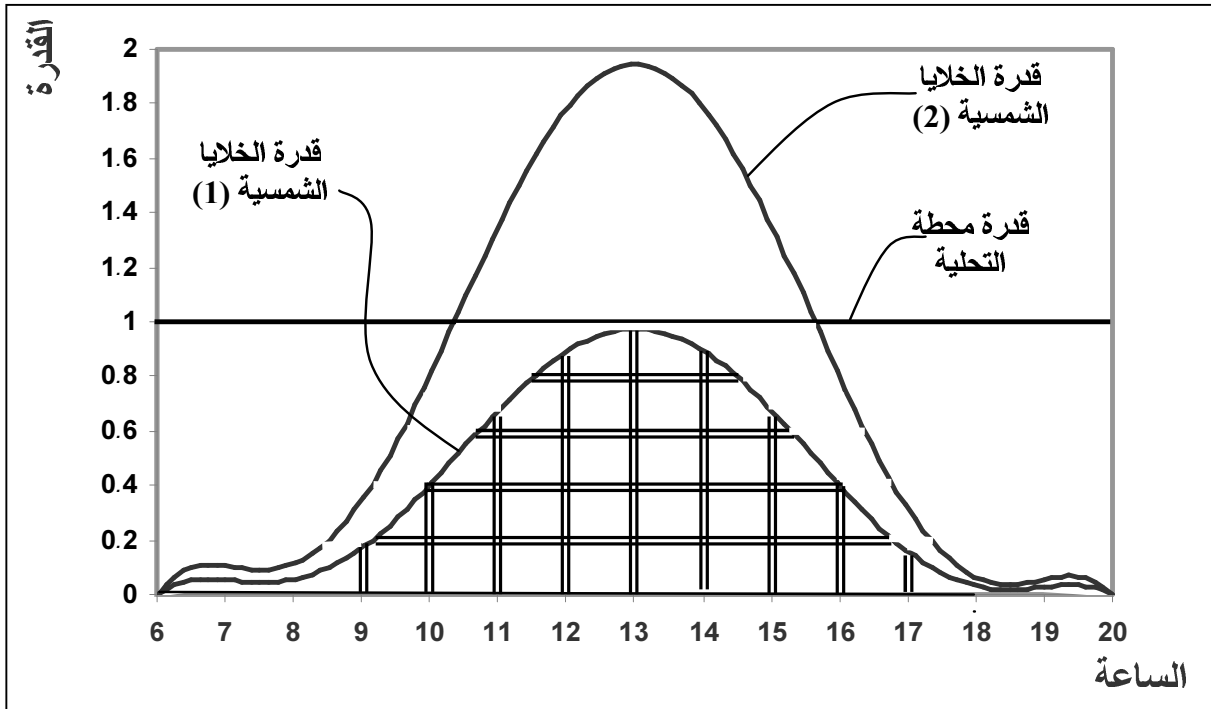
ويتركز الاهتمام في هذا المجال على إيجاد النسبة الفضلى بين قدرة الخلايا الشمسية المجهزة وقدرة المضخات، وذلك بفرض أن الطاقة المستخلصة من الخلايا الشمسية يقتصر استخدامها على محطة التحلية دون الاستعانة بوسائل التخزين.



شكل(4): يوضح تغير القدرة المنتجة من الخلايا الشمسية على مدار

ولتحليل النظام المقترح يجب أن نتعرف على سلوك الطاقة الشمسية الذي يعيها مقارنة بالطاقة التقليدية، حيث يتصف بالتذبذب اليومي والفصلي، والشكل (4) يوضح هذا التغير مع الزمن لمدة يوم واحد والذي سجل في مدينة مصراته خلال شهر الصيف. [4] وبالتعمق في الشكل السابق نلاحظ أنه عند الاعتماد على الخلايا الشمسية بشكل مستقل في تغذية منظومة تحلية

الشاطئ لأنها توفر مرشحا طبيعيا للمياه.  
- مضخة الضغط المرتفع، وتستخدم المضخات متعددة المراحل عادة لهذا الغرض.  
- الأغشية، وتصنع بمواصفات مختلفة حسب المواد المصنعة منها أو حسب شكلها، بمرحلة واحدة أو عدة مراحل وقد

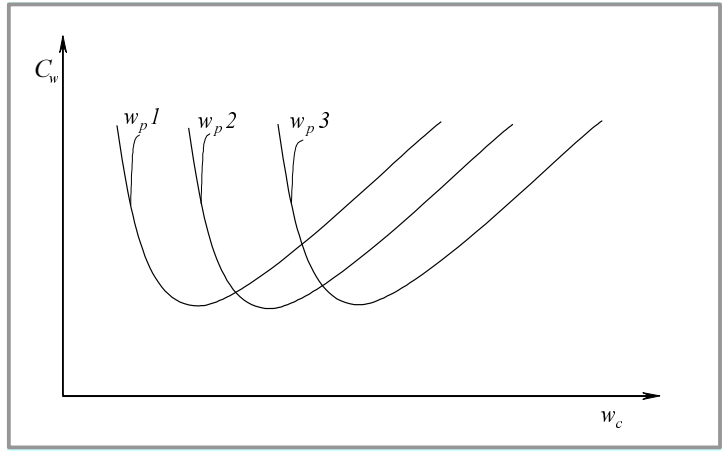


شكل(5): يوضح القدرة المستفادة من الخلايا الشمسي في عملية التحلية.

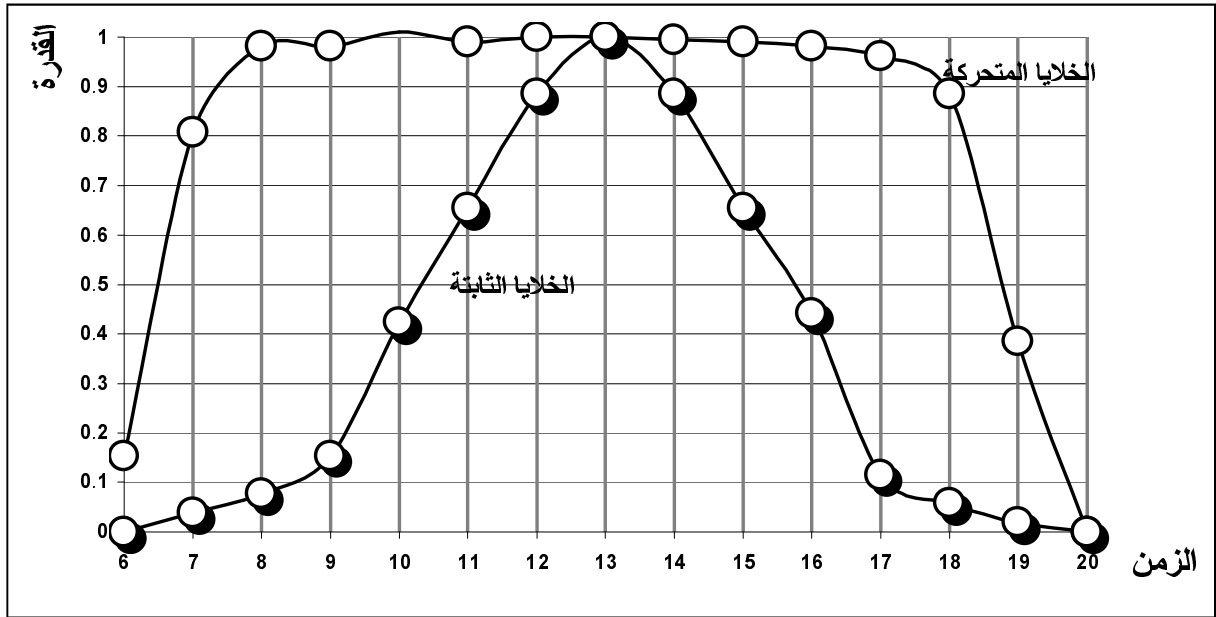
(الليل).

وإذا قمنا بمضاعفة قدرة الخلايا إلى الضعف، فإن الزيادة في القدرة المستهلكة من المحطة ستزيد فقط بمقدار 15%، وبمعنى آخر فإن سعر القدرة المضافة في الحالة الثانية يزيد بمقدار 130% عن الحالة الأولى، وباستخدام الاستكمال للمنحنى المبين بالشكل (4)، يمكن الحصول على الطاقة التي تستفيد منها محطة التحلية خلال يوم شمسي كامل من الساعة السادسة صباحا إلى الثامنة ليلا.

يجب الأخذ في الاعتبار أن تلك المنظومة لن تشتغل عند قدرتها التصميمية حتى ولو كان متوسط قدرة الخلايا الشمسية يفوق قدرة الحمل المستهلكة، شكل (5) يوضح محطة تحلية قدرتها التصميمية مساوية للقدرة القصوى للخلايا الشمسية، عند هذه الحالة ستشتغل محطة التحلية بقدرة تعادل 35% فقط من قدرتها التصميمية (إذا أهملنا ساعات



شكل(6): تكلفة تحلية المياه المتوقعة



شكل(7): يوضح الفرق في القدرة المنتجة من الخلايا الشمسية الثابتة والمتحركة على مدار ساعات النهار

