البرك الشمسية وتطبيقاتها

د . خيرى آغـــا *

مقدمة

تعتبر فكرة البرك الشمسية طريقة ملفته للإنتباه وذلك من ناحية تجميع وتخزين الطاقة الشمسية على نطاق واسع لسد الطلب على الطاقة فى العديد من التطبيقات والتى تتمثل فى توليد الكهرباء ، التدفئة والتبريد ، وتحلية المياه . . . . ويعزى ذلك لأن البرك الشمسية لها القدرة على تجميع وتخزين الطاقة الشمسية فى نفس المنظومة للإستعمالات اليومية والفصلية .

وهذه الورقة تستعرض طبيعة البرك الشمسية من ناحية التركيب الطبيعى للبركة الشمسية وإمتصاص الأشعة الشمسية وتأثير الحمل الحرارى وإنتشار الأملاح على أداء البركة وإستقرارها . وسيتم التطرق فى هذه الورقة أيضا إلى منحنيات درجة الحرارة لطبقة التخزين ، وإمكانية مساهمة البرك الشمسية فى توفير الطاقة التى تستخدم فى العديد من التطبيقات .

إن الكمية الهائلة من الطاقة التى تصل إلى الإرض من الشمس لجديرة بالاهتمام ويجب إستغلالها كمصدر بديل للطاقة يستخدم فى بعض المشاريع المستهلكة للطاقة فى الوقت الحاضر . وتعتبر المجمعات الشمسية المستوية إحدى الطرق التقليدية المستخدمة فى تسخين المياه بواسطة الطاقة الشمسية ، وتعتبر هذه الطريقة إقتصادية إذا مااستخدمت على نطاق صغير وأما إذا مااستخدمت على نطاق واسع فإنها تعتبر غير ذات جدوى إقتصادية وذلك لإنها تحتاج إلى تركيب مساحات كبيرة من المجمعات الشمسية التى تحتاج إلى عدد كبير من إجهزة التخزين .

ومن أهم المشاكل التى تحد من إستخدامات الطاقة الشمسية هى مشكلة تخزين الطاقة الشمسية والإستفادة منها أثناء الفترة الليلية والأيام الغائمة . وحيث أن الإشعاع الشمسى غير ثابت وغير منتظم ، فإنه من الصعوبة بمكان إختياره كمصدر طاقة ولابد من وجود طريقة لتخزين الإشعاع الشمسى لكى يصبح مصدراً للطاقة . ولذلك يعتبر موضوع تخزين الطاقة الشمسية الثانى فى الأهمية بعد التجميع بالنسبة للتطبيقات التى تستخدم هذا النوع من الطاقة [1] .

ويعتبر موضوع تخزين الطاقة الشمسية من الموضوعات التى مازالت تحتاج إلى بحث علمى أكثر وإكتشافات جديدة . وتوجد حاليا عدة طرق لتخزين الطاقة الشمسية كصهر المعادن والتحويل الطورى للمادة وطرق المزج الثنائى . . وغيرها .

وتستعرض هذه الورقة العوامل المتعددة للبرك الشمسية . حيث أن البرك الشمسية تعتبر إحدى الطرق المستخدمة فى تخزين الطاقة الشمسية على نطاق واسع والتى تمتاز بخاصية التخزين الفصلى للطاقة الشمسية . ويمكن تعريف البرك الشمسية بأنها مجمعات طاقة شمسية لبركة مياه مالحة ذات التركيز المتغير للملوحة .

وتقوم البرك الشمسية بتجميع الإشعاع الشمسى وخزنه على هيئة حرارة محسوسة (Sensible Heat) فى المحلول الملحى وقد تصل درجة حرارة المحلول إلى 95 درجة مئوية . وهذا المحلول الملحى الساخن يمكن إستخدامه فى أغراض مختلفة كتوليد الكهرباء ، تحلية المياه ، التدفئة والتبريد ، التجفيف ، تعدين وتنقية الأملاح . . . وغيرها وذلك بإستخدام طرق وأجهزة تحويل مناسبة . وتمتاز البرك الشمسية بالاضافة إلى خاصية

* مركز دراسات الطاقة الشمسية

التخزين الفصلى كونها وحدة تجميع الطاقة الشمسية أى أنها تقوم بتجميع وتخزين الطاقة الشمسية فى نفس المنظومة الأمر الذى يجعلها ذات جدوى إقتصادية .

وللبرك الشمسية عدة عيوب من أهمها الأنخفاض فى درجة الحرارة ومساحات التجميع الشاسعة فى حالة التطبيق على نطاق واسع ويرجع ذلك نتيجة لإنخفاض كثافة الإشعاع الشمسى . فمثلا إذا كانت كثافة الأشعة الشمسية المتوفرة هى 200 وات لكل متر مربع ، فستكون كمية الطاقة التى تجمعها البركة هى 20 وات لكل متر مربع إذا كانت كفاءة التجميع 10 ٪ وإذا كانت كفاءة التحويل 10 ٪ فإن كمية الطاقة المستفادة منها والناتجة من عمليات التحويل هى 2 وات لكل متر مربع . ولتوليد 1 ميجاوات من الكهرباء نحتاج إلى 50 هكتار مساحة تجميع بفرض أن الكفاءة الكلية 1 ٪ [2] .

ومن العيوب الأخرى للبرك الشمسية هى الكميات الضخمة من الأملاح التى تحتاج إليها . إذ يقدر إحتياج الأملاح لبناء بركة بحوالى 30 . 0 طن أملاح لكل متر مربع [3] . فلبناء بركة شمسية بمساحة 1000 متر مربع وعمق 3 أمتار مثلا نحتاج إلى 300 طن من الأملاح . هذا بالأضافة إلى 50 جرام لكل متر مربع يتم إضافتها يوميا للبركة وذلك للمحافظة على إستقرارها كنتيجة للإنتشار الطبيعى للأملاح من التركيز العالى إلى التركيز المنخفض وكذلك نتيجة للظروف الجوية الخارجية كالرياح وغيرها . هذا يعنى أن موقع البركة لأبد أن يكون قريبا من مصدر وفير للأملاح كالبحر أو سبخة لجعل البركة ذات جدوى إقتصادية عالية .

2 ـ طبيعة البرك الشمسية

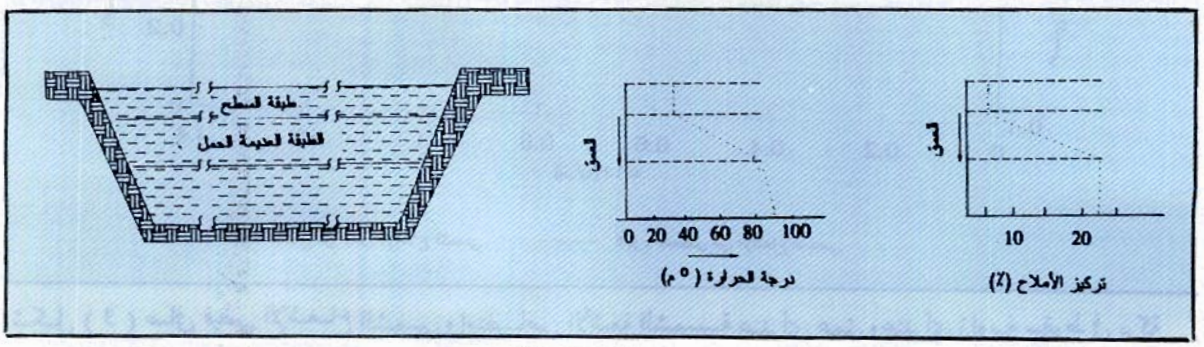
البرك الشمسية هى عبارة عن مجمعات طاقة شمسية لبركة مياه مالحة ذات التركيز المتغير للملوحة . تركيز الأملاح داخل البركة يزداد مع العمق وذلك لتعويض عملية الطفو الناتجة من أمتصاص المياه للأشعة الشمسية . أى أن الزيادة فى تركيز الأملاح ستوازن النقص فى كثافة المياه نتيجة لإرتفاع درجة حرارتها . ويوضح الشكل رقم (1) قطاعا مبسطا لبركة شمسية متدرجة الملوحة . وقد قسم جسم البركة إلى ثلاث طبقات رئيسية اثنتان يتم فيهما نقل الحرارة بواسطة الحمل الحرارى وبينهما ثالثة لايحدث بها الحمل الحرارى .

والفكرة الأساسية فى تشغيل البرك هى المحافظة على تدرج سريع لتركيز الأملاح فى الطبقة الوسطى للبركة ، حتى يمكن إمتصاص قدر كبير من الإشعاع الشمسى الواصل إلى قعر البركة حيث توجد أعلى كثافة للمحلول الملحى ومن ثم تخزين هذه الطاقة عن طريق رفع درجة حرارة الماء فى الطبقة السفلى . ونظراً للتدّرج السريع لتركيز الاملاح فى الطبقة الوسطى ، فإنها تقوم مقام عازل حرارى للطبقة السفلى .

يتم تقسيم جسم البركة إلى ثلاث طبقات رئيسية وذلك بتعبئة البركة جزئيا بمحلول ملحى ذى تركيز عالٍ جدا تتم بعدها زيادة ماء البحر داخل هذا المحلول بواسطة رذاذ يتحرك إلى أعلى بإستمرار ففى هذه الحالة ينخفض تركيز المحلول الموجودة فوق الرذاذ ومن ثم نتحصل على تدريج فى التركيز .

3 ـ امتصاص الأشعة الشمسية

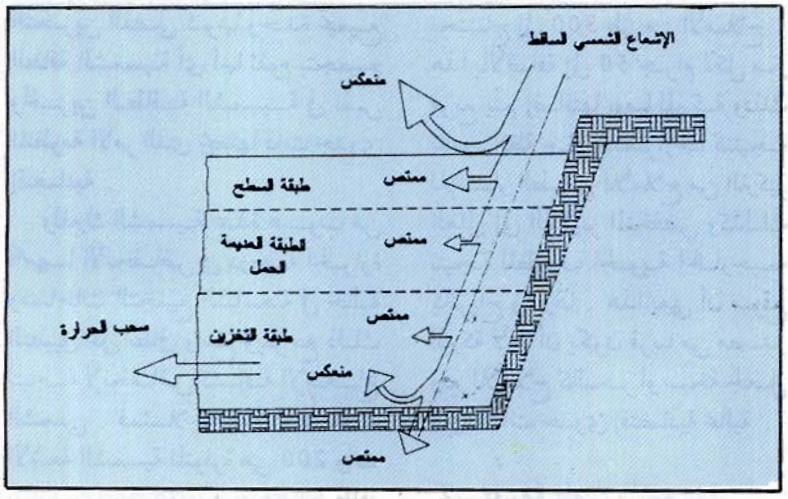
معظم الأشعة الشمسية الساقطة على سطح المياه تخترق السطح بمعدل يقدر بحوالى 98 ٪ فى حالة الاشعة العمودية و 94 ٪ فى حالة الاشعة الساقطة بزاوية سقوط 60 [2] .



شكل (1) قطاع مبسط لبركة شمسية

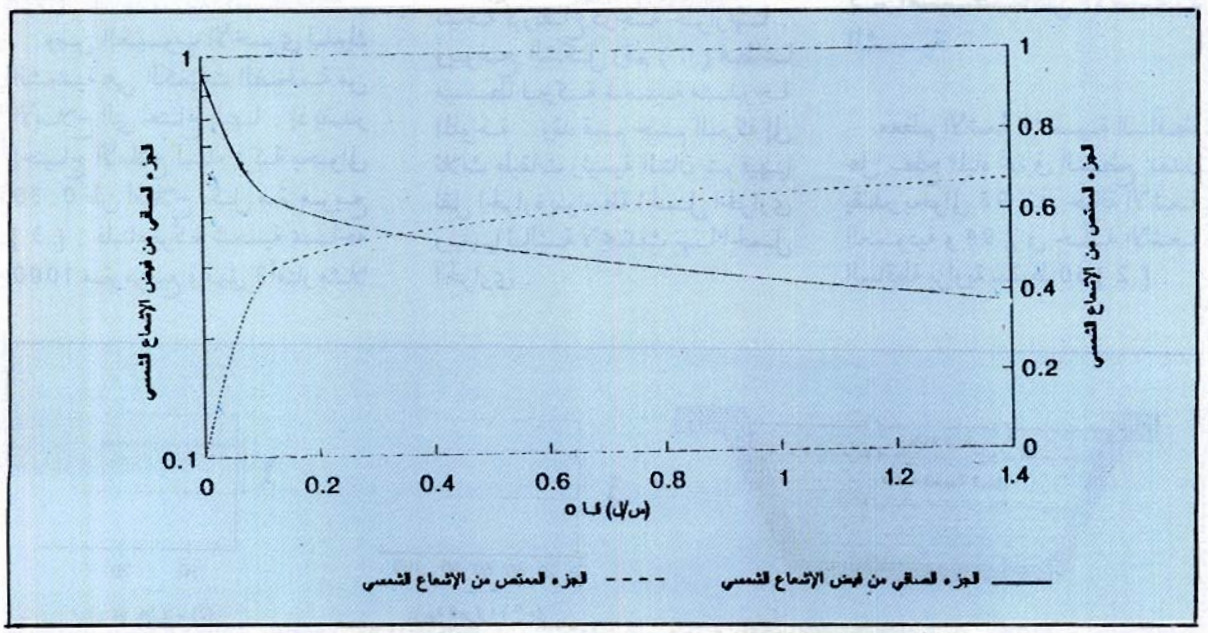
هنـاك عـدة عـوامـل تؤثـر فى امتصـاص الاشعة الشمسية بالبركة منهـا معامـل الأمتصاص ونقـاوة المياة وعمق البركة . . وغيرها من العـوامل الاخرى . فمعامل الإمتصاص مثلا يعتمـد على الـطول الموجى لـلأشعـة الشمسية . ففى حالة الطول المـوجى اكـبر من 7 . 0 ميكـرومـيـتر نجـد أن الاشعة الشمسية التى تصـل إلى عمق اكـبر من 1 مـتر تقـدر بحـوالى 1 2 ٪ فقط . بينما نجد أن 95 ٪ من الاشعة الشمسية يتم امتصاصهـا خلال هـذا العمق فى حـالـة الـطول المـوجى من 2 . 0 الى 6 . 0 ميكروميتر[4] .

يوضح الشكل رقم (2) عمليات الإنعكاس والإمتصاص التى يتعرض لهـا الإشعـاع الشمسى السـاقط عـلى سطح البركـة فجزء من هـذا الإشعاع ينعكس والبـاقى يخـترق السـطح . والجـزء الأخـير يتنـاقص مـع العمق نتيجـة للتبعـثر والإمتصـاص خـلال مروره بطبقة المياه .



شـكـل (2) سـلوك الإشـعـاع الشمسى خلال مرورة بمياه البركة

ويمثـل الشكـل البيـانى رقم (3) الجـزء الصـافى لـلأشعـاع الشمسى الـواصـل عنـد أى عمق من سـطح البركة وعند أى زاوية سقوط للأشعـة الشمسيـة المبـاشرة فى بـركـة شمسيـة بعمق 3 أمتـار . وكنتيجـة لإعتـماد الأداء الحـرارى للبرك الشمسيـة عـلى الـطاقـة الشمسيـة الممتصـة فى طبقـة التخزين (الطبقـة السفلى) فيـوضح الشكل رقم (3) كذلك جزء الـطاقة الممتص لكـل وحدة مسـاحة عنـد أى عمق لنفس لبركة .



شكـل (3) صافى فيض الإشعـاع الشمسى وإمتصـاص الأشعة الشمسيـة عند أى عمق وعند أى زاويـة سقوط فى بركة شمسيـة ذت عمق 3 أمتار (حيث أن س ـ متغـير الـعمـق ، ل ـ العـمق الكـلى للبرك و O ـ زاوية الانعكـاس) [2] .

4 ـ تطبيقات البرك الشمسية

نصل الآن إلى النظر فى إمكانية إدخال البرك الشمسية حيز التطبيق وإستغلال هذه المنظومات فى عدة تطبيقات فنستعرض فيما يلى اهم تطبيقات البرك الشمسية .

1 ـ تحلية المياه

تعتبر تحلية مياه البحر والمياه الضاربة للملوحة Brackish) (Water من الطرق المستخدمة فى عدة دول لتوفير المياه الصالحة للشرب . فالدول التى تعانى من نقص فى مياه الشرب قامت بتركيب عدة محطات تحلية لإنتاج ملايين الأمتار المكعبة من مياه الشرب يوميا . من ضمن هذه الدول شبه الجزيرة العربية ودول الخليج العربى ، ليبيا ، اليابان ، المكسيك والولايات المتحدة الامريكية .

تحتاج عمليات التحلية إلى مصدر طاقة ، فمحطات التحلية التى تعتمد على العمليات الحرارية مثل طرق التسخين والتقطير تحتاج إلى حرارة تكون عادة فى صورة بخار يتم توليدة فى الغلاية . ففى هذه الحالة تستطيع البركة الشمسية توفير الحرارة المطلوبة .

هذا وقد اثبتت دراسات سابقة أن درجة الحرارة المثلى لطبقة التخزين فى حالة تحلية المياه هى 60 درجة مئوية [5] . ويوضح الشكل رقم (4) رسما تخطيطيا لمنظومة تحلية المياة بطريقة التبخير المتعدد المراحل وبإستخدام البرك الشمسية كمصدر طاقة . وتقدر السعة الإنتاجية اليومية لمثل هذه التقنية بإستخدام البرك الشمسية بحوالى 10 الى 15 لتر لكل متر مربع من مساحة البركة .

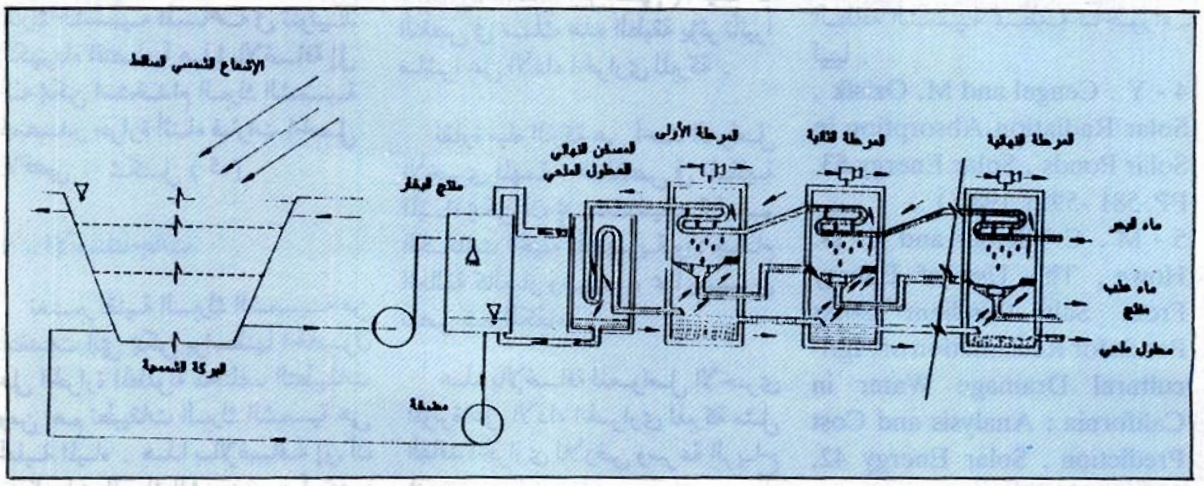
ففى إيطاليا مثلا تم تنفيذ مشروع تجريبى لتحلية المياه بإستخدام البرك الشمسية ذات حرارة أولية لاتتعدى 50 درجة مئوية وكانت مساحة هذه البرك تصل إلى 5 . 1 هكتار وبسعة إنتاجية تتعدى 100 متر مكعب فى اليوم [5] . ومركز دراسات الطاقة الشمسية هو الآن بصدد تنفيذ مشروع تجريبى لتحلية المياه بإستخدام طريقة التبخير الوميضى المتعدد المراحل والبرك الشمسية كمصدر طاقة . ومساحة البركة المزمع تنفيذها تقدر بحوالى 600 متر مربع .

2 ـ فى المجال الزراعى

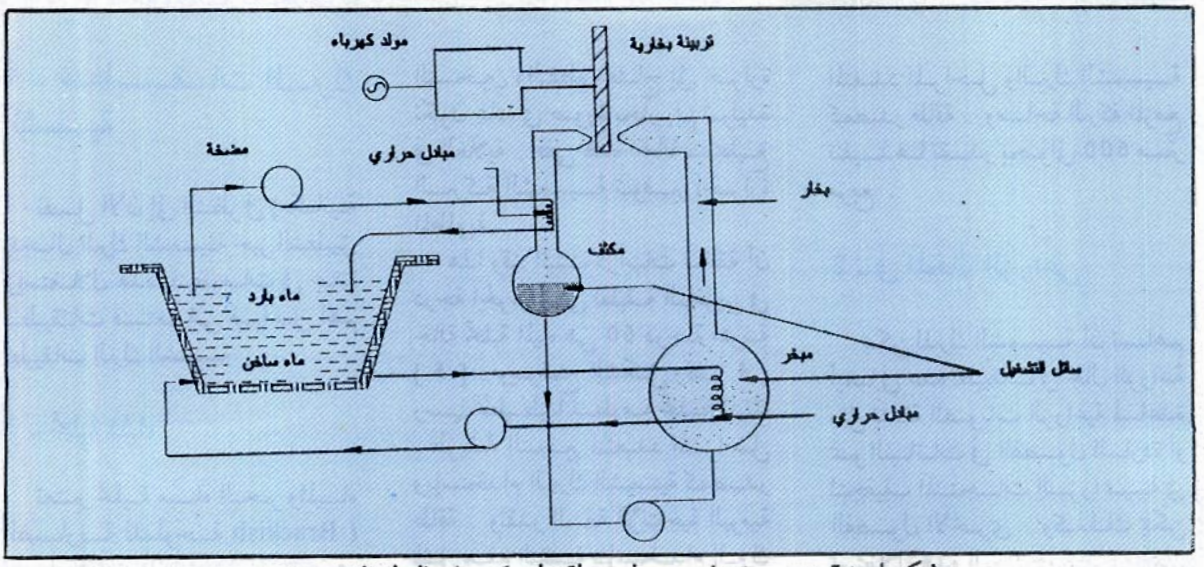
يمكن للبرك الشمسية أن تساهم أيضا فى عدة تطبيقات فى مجال الزراعة مثل تدفئة الصوبات الزراعية لمساعدة نمو النباتات فى الفصول الباردة أو لتجفيف المنتجات الزراعية فى الفصول الأخرى . وكذلك يمكن إستغلال هذه البرك كعامل مساعد لتسخين المياه اللازمة للغلايات الشمسية الخاصة بضخ المياه من الآبار .

3 ـ توليد الطاقة الكهربائية

إنخفاض كفاءة التحويل من الطاقة الحرارية إلى الطاقة الكهربية والناتج من إنخفاض درجة حرارة البركة الشمسية جعل توليد الطاقة الكهربية بإستخدام البرك الشمسية تطبيقا غير مرغوب فيه نسبيا . ومع



شكل (4) رسم توضيحى لمحطة تحلية المياه بطريقة التبخير الوميضى المتعدد المراحل بالبرك الشمسية



شكـل (5) رسم تـوضيحى لمحـطة توليد كهرباء بالبرك الشمسية

ذلـك فقد أثبتث عـدة دراسـات بـأن تـوليد الـطاقة الكهـربية بـإستخـدام الـبرك الشمسيـة يمكن أن يكـون ذا جدوى إقتصادية عاليـة إذا كان تـوليد الكهرباء بالطرق التقليدية غاليا جـداً ويـوجـد مصـدر رخيص لـلأمـلاح والأرض . من ضمن هـذه الأمـاكن التى يمكن إستخـدام البرك الشمسية بهـا وسط أسـتراليـا وذلـك لإرتفـاع تكاليف توليد الطاقـة الكهربيـة بتلك المنـاطق حيث يقـدر بحـوالى 1 دولار أمريكى لكل كيلو وات ساعة فى سنـة 1989 . أيضـا جنوب الصـين يمكن للبرك الشمسيـة المسـاهمـة فى تـوليـد الكهرباء اقتصادياً هـذا بالاضـافة إلى أنـه يمكن استخـدام الـبرك الشمسيـة كمصـدر حرارة أثنـاء فـترات الحمـل الاقصى . شكـل (5)

4 ـ الاستنتاجات

تعتـبر تقنيـة الـبرك الشمسيـة من التقنيات التى يمكن بواسطتها الحصـول على الحرارة المطلوبة لمختلف التطبيقات ومن أهم تطبيقات الـبرك الشمسية هى تحليـة الميـاه . هـذا بـالإضـافـة إلى أن منـظومات الـبرك الشمسية من أرخص المنظومات الشمسية لكل وحدة مساحة ومعـرضة أيضـا للتطويـر فى منظومـات مـوسعة لمختلف الأغـراض لتوفـير جزء من الطاقة .

ولإدخـال الـبرك الشمسيـة حيـز التطبيق على نطاق واسع لابـد من تنفيذ نمـوذج أولى لـلبركـة . وتتـم دراسـة الخصـائص التشغيلية للبركـة على هـذا النمـوذج ، مثل العـوامـل المؤثـرة عـلى الإستقـرار الطبيعى للبركـة . أحد أهم هذه العوامل هو تـآكل الـطبقة العـديمة الحمـل (الطبقـة الوسـطى) حيث أن النقص فى سمك هذه الطبقة يؤثر تأثيراً مباشرا على الأداء الحرارى للبركة .

نقاوة مياه البركة هى أحـد العوامـل الأخـرى المهمة . فـالنقص فى نفـاذيـة الميـاه يمكن أن يحـدث نتيجـة لنمـو الكـائنات الحيـة المجهـريـة والأجسـام العالقة كالغبار وغـيرها ، ممـا يسبب فى نقص كبير للكفاءة .

هـذا بالإضـافة للعـوامـل الاخـرى المؤثرة على الأداء الحـرارى للبركة مثـل الفاقد الحرارى للأرض وسرعة الريـاح غيرها . ■

4 ـ المراجع

1 -H . Tabor, Large Area Collectors - Solar Ponds for Power Probuction , Solar Energy 7, PP. 189 - 194 (1963) .

2 ـ خـيرى آغـا ، نمـذجـة أداء الـبرك الشمسيـة ، رسالـة مـاجستـير ، كليـة الهندسة ـ جامعة الفاتح (1988) .

3 ـ مـركز دراسـات الـطاقـة الشمسيـة وشركـة أتـلانتيس للطاقـة المحـدودة ، مشروع مشترك لتصميم ، بناء وتشغيل بركة شمسيـة تجريبيـة لتجميع وتخـزين الـطاقة الشمسيـة بمنـطقـة تـاجـوراء ـ ليبيا .

4 - Y . Cengel and M. Ozisik , Solar Radiation Absorption in Solar Ponds , Solar Energy 53, PP. 581 -591 (1984) .

5 - M . C Tliemat and E. D. Howe , The Use of Energy From Salt Gradient Solar Ponds for Reclamation of Agricultural Drainage Water in California : Analysis and Cost Prediction , Solar Energy 42, 339, (1989) .