إمكانات استخدام البرك الشمسية في تحلية مياه البحر بمحافظة البحر الأحمر
(دراسة جغرافية)

إعـــــداد

د/ محمد أحمد علي سليمان

مقدمة:

برزت أهمية الطاقة الشمسية كمصدر من مصادر الطاقة المتجددة؛ نتيجة للارتفاع المستمر في أسعار الوقود الأحفوري، وما ينجم عن استخدامه من أضرار بيئية خطيرة. ويواجه استخدام الطاقة الشمسية حالياً مشكلة تخزينها، والاستفادة منها أثناء الليل وفي الأيام الغائمة، إلا أن البرك الشمسية تُعد إحدى الأنظمة الجديدة المُبتكرة لتخزين الطاقة الشمسية الحرارية. ويمكن تعريف البرك الشمسية (Solar Ponds) بأنها مُجمعات شمسية لبركة مياه مالحة ذات التركيز المُتغير للملوحة (خيري أغا، ١٩٩٤م، ص٩٠)، والبرك الشمسية إحدى التقنيات التي يمكن من خلالها الحصول على الطاقة الحرارية اللازمة للعديد من التطبيقات، والتي يأتي في مقدمتها تحلية مياه البحر.

أهمية الدراسة:

يُعد توافر مياه الشرب النقية بصورة دائمة ومنتظمة من أهم متطلبات عملية التنمية الاقتصادية، وتُعد المجتمعات العمرانية في المناطق الصحراوية. ومن كانت معظم مدن محافظة البحر الأحمر تفتقر إلى مصادر المياه المحلية التي يمكن الاعتماد عليها في تغذية هذه المدن بالمياه الصالحة للشرب، فقد أنشئت بها محطات لتحلية مياه البحر، وتقوم فكرة عمل هذه المحطات على وجود مصدر للطاقة؛ لأنها تعتمد في الأساس على العمليات الحرارية كطرق التسخين والتقطير ؛ مما يجعلها تحتاج إلى حرارة تكون عادة في صورة بخار يتم توليده داخل غلايات كبيرة.

ومن هنا فإن البرك الشمسية كمصدر متجدد ورخيص للطاقة يمكن أن تُسهم في توفير الحرارة المطلوبة لإتمام عمليات تحلية مياه البحر بمنطقة الدراسة، وذلك كبديل لمصادر الوقود الأحفوري (السولار، المازوت) أو الطاقة الكهربائية المُستخدمة في الوقت الراهن، والتي تتسم بارتفاع تكلفتها، وكونها مصادر ناضبة وغير متجددة للطاقة، فضلاً عن إسهام بعضها في تلويث البيئة.

أهداف الدراسة:

١- التعرف على الموارد الحالية لمياه الشرب بمحافظة البحر الأحمر، وتحليل الوضع الراهن لمحطات تحلية مياه البحر، باعتبارها مورداً من موارد مياه الشرب بهذه المحافظة الصحراوية.

٢- توضيح طريقة عمل البرك الشمسية، والوقوف على العوامل المؤثرة في توطنها.

٣- بيان إمكانية استخدام البرك الشمسية كمصدر للطاقة في تحلية مياه البحر.

٤- تحديد المواقع الصالحة لتوطين محطات تحلية مياه البحر باستخدام البرك الشمسية بالمحافظة.

٥- تحديد مدي الجدوى الاقتصادية لاستخدام البرك الشمسية في تحلية مياه البحر.

مصادر الدراسة:

تعددت مصادر الدراسة فيما بين الدراسة الميدانية، والمصادر الإحصائية مُمثلة في: إحصاءات مياه الشرب ومحطات تحلية مياه البحر بالمحافظة، والمعدلات المناخية بمحطات أرصاد: الغردقة والقصير ورأس بناس، ونتائج تحليل نسبة الملوحة في مياه البحر السطحية بالمعهد القومي لعلوم البحار، بالإضافة إلي المصادر الخرائطية كالخريطة الطبوغرافية لمحافظة البحر الأحمر مقياس (١ : ١٢٥٠٠٠٠)، الصادرة عن هيئة المساحة العسكرية عام ١٩٩٥م، وأطلس الإشعاع الشمسي لجمهورية مصر العربية، الصادر عن هيئة تنمية واستخدام الطاقة الجديدة والمتجددة عام ١٩٩١م، علاوة على المرئية الفضائية من القمر الصناعي الأمريكي Land sat 5 (٧ باند) من نوع T.M لساحل البحر الأحمر وخليج السويس بمنطقة الدراسة عام ٢٠٠٣م.

مناهج الدراسة وأساليبها:

اعتمدت الدراسة على المنهج الإقليمي من حيث دراسة إمكانية استخدام البرك الشمسية في تحلية مياه البحر في إطار إقليم محافظة البحر الأحمر، إلي جانب المنهج الأصولي لدراسة العوامل المؤثرة في توطن البرك الشمسية. كما

استعانت الدراسة ببعض الأساليب المُتمثلة في نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد؛ لإعداد الخرائط.

أولاً: موارد مياه الشرب في محافظة البحر الأحمر:

بلغت جملة كمية مياه الشرب المُنتجة بمحافظة البحر الأحمر عام ٢٠١٣/٢٠١٤م نحو ٣٨٧٩٥,٥ ألف متر مكعب (شركة مياه الشرب والصرف الصحي بالبحر الأحمر، ٢٠١٤م)، وتتمثل موارد مياه الشرب بالمحافظة في كل من: مياه النيل المنقولة عبر خطوط الأنابيب، ومحطات تحلية مياه البحر.

(١)- مياه النيل المنقولة عبر خطوط الأنابيب:

تُسهم مياه النيل بنحو ٩٠,٨% من جملة كمية مياه الشرب المُنتجة بالمحافظة عام ٢٠١٣/٢٠١٤م، ويتم إمداد المحافظة بمياه النيل عبر خطي أنابيب هما:

- **خط قنا / سفاجا:** تم إنشاؤه عام ١٩٦٨م، وتتراوح أقطاره بين ٢٥٠ : ٥٥٠ ملليمتر، وتصل طاقته إلي ١٩,٩ ألف متر مكعب/ يوم، ويبلغ طوله نحو ٣٠١ كم، حيث يتفرع منه خطان يصل أحدهما إلي مدينة الغردقة شمالاً، والآخر إلي مدينة القصير جنوباً.
- **خط الكريمات / الغردقة:** أنشئ عام ١٩٩٧م، وتتراوح أقطاره بين ٦٠٠ :١٠٠٠ ملليمتر، وتصل طاقته إلي ٧٦,٦ ألف متر مكعب/ يوم، ويبلغ طوله نحو ٤٥٠ كم، ويمر هذا الخط بمدينةرأس غارب قبل وصوله إلي مدينة الغردقة.

(٢) - محطات تحلية مياه البحر:

يتطلب إعذاب مياه البحر في جميع الأحوال وفرة الطاقة، وتمثل المياه العذبة الناتجة عن تحلية مياه البحر مورداً إضافياً من الموارد المائية التي يلجأ إليها الإنسان في مناطق تعاني نقص الموارد المائية بها، خاصة تلك التي تشهد ازدهاراً اقتصادياً، وزيادة سريعة

في أعداد سكانها، وزيادة الهجرة الوافدة للعمل (محمد صبري محسوب، جودة فتحي التركماني، ٢٠٠٣، ص٢٥٨)، كما في منطقة الدراسة التي أنشئت بها أول وحدة لتحلية مياه البحر عام ١٩٢٦م بمدينة رأس غارب، تزامناً مع بدء عمليات التنقيب عن البترول (Abu Zied ,2000 , p. 114)، ثم توالي بعد ذلك إنشاء محطات تحلية مياه البحر في بقية مدن المحافظة الأخرى.

جدول (١)

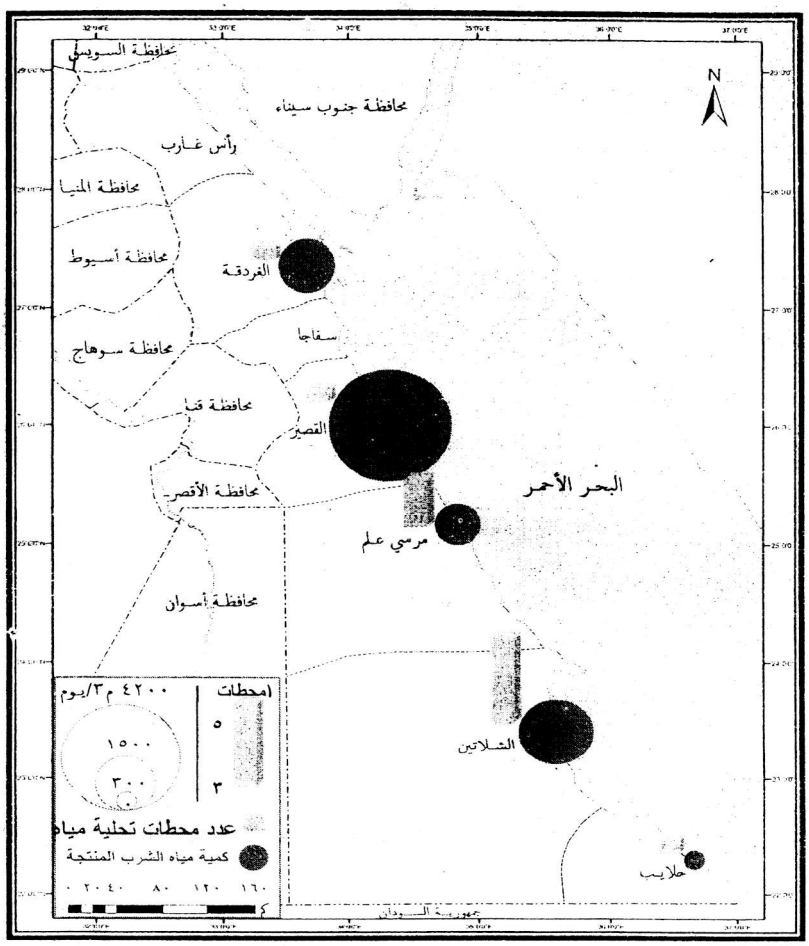
التوزيع الجغرافي لأعداد محطات تحلية مياه البحر وكمية مياه الشرب المنتجة منها بمدن محافظة البحر الأحمر عام ٢٠١٣/٢٠١٤م

البيان المدينة	عدد محطات التحلية (محطة)	%من الإجمالي	كمية مياه الشرب المنتجة(م٣ / يوم)	% من الإجمالي
الغردقة	١	٩,١	١٤٥٠	١٤,٨
القصير	١	٩,١	٥١٤٧	٥٢,٦
مرسي علم	٣	٢٧,٣	٩٠٠	٩,٢
الشلاتين	٥	٤٥,٤	٢٠٢١	٢٠,٦
حلايب	١	٩,١	٢٧١	٢,٨
الإجمالي	١١	١٠٠	٩٧٨٩	١٠٠

المصدر: الجدول من إعداد الباحث اعتماداً على:
شركة مياه الشرب والصرف الصحي بالبحر الأحمر، بيان أعداد محطات تحلية مياه البحر وطاقتها الإنتاجية بالمحافظة عام ٢٠١٣/٢٠١٤م ، بيانات غير منشورة، الغردقة، ٢٠١٤م.

يتبين من تحليل الجدول (١) والشكل رقم (١) عده حقائق أهمها:

ضمت محافظة البحر الأحمر ١١ محطة لتحلية مياه البحر عام ٢٠١٣/٢٠١٤م، أنتجت نحو ٩٧٨٩ متر مكعب/ يوم، أي ما يعادل ٩,٢% من جملة كمية مياه الشرب المنتجة في العام نفسه. وتوزعت هذه المحطات علي جميع مدن المحافظة عدا مدينتي سفاجا ورأس غارب اللتان خلتا من وجود أي محطات لتحلية مياه البحر؛ لاعتماد المدينة الأولي اعتماداً كلياً في سد احتياجاتها من مياه الشرب علي مياه النيل المنقولة إليها عبر خط أنابيب قنا / سفاجا، كما تتغذي المدينة الثانية بمياه النيل عبر خط أنابيب الكريمات / الغردقة.



شكل (١)

التوزيع الجغرافي لأعداد محطات تحلية مياه البحر وكمية مياه الشرب المنتجة منها بمدن محافظة البحر الأحمر عام ٢٠١٣/٢٠١٤م

واحتلت مدينتا الشلاتين ومرسي علم بالقسم الجنوبي من المحافظة المرتبتين الأولي والثانية علي الترتيب بين مدن المحافظة من حيث عدد محطات التحلية، حيث استأثرتا معاً بـ ٧٢,٧% من جملة عدد محطات التحلية بالمحافظة، في حين جاءت مدينة القصير في المرتبة الأولي من حيث الطاقة الإنتاجية لمحطات تحلية مياه البحر بنسبة ٥٢,٦% من إجمالي الطاقة الإنتاجية لهذه المحطات، وتراجعت مدينة الشلاتين إلي المرتبة الثانية بنسبة ٢٠,٦% من إجمالي الطاقة الإنتاجية؛ ومرد ذلك صغر الطاقة الإنتاجية لمحطات التحلية بمدينة الشلاتين رغم كثرة عددها عن مدينة القصير؛ نظراً لمحدودية النشاط الاقتصادي، وقلة أعداد السكان، وصغر المساحة المأهولة بمدينة الشلاتين عن القصير ملحق رقم (١) و(٢)، وهو ما ينطبق كذلك على مدينتي مرسي علم وحلايب اللتان تسهمان معاً بنحو ١٢% من إجمالي الطاقة الإنتاجية لمحطات تحلية مياه البحر بالمحافظة عام ٢٠١٣/ ٢٠١٤م.

وعلى الرغم من أن مدينة الغردقة تُعد أكبر مدن المحافظة سكاناً، وأكثرها تنوعاً وازدهاراً في النشاط الاقتصادي، فإنها ضمت ٩,١% فقط من جملة عدد محطات التحلية، و١٤,٨% من إجمالي الطاقة الإنتاجية لهذه المحطات. ولا تستخدم المياه المُحلاه بالمدينة إلا في أغراض التشييد والبناء، وبعض الأغراض الصناعية الخاصة بالورش الحرفية فقط؛ ويعزي ذلك إلي اعتماد المدينة في توفير ما تحتاجه من مياه عذبة علي مياه النيل المنقولة إليها من خطي أنابيب الكريمات وقنا، بالإضافة إلي امتلاك عدد كبير من المنشآت السياحية بالمدينة لوحدات تحلية خاصة لخدمة أغراضها.

ومما سبق يمكن القول: بأن محطات تحلية مياه البحر تتباين في أعدادها وطاقتها الإنتاجية بمدن المحافظة؛ متأثرة في ذلك بعدة عوامل أهمها: وجود

مصادر أخرى للمياه العذبة من عدمه، وأعداد السكان، والمساحة المأهولة، وكثافة النشاط الاقتصادي بكل مدينة من هذه المدن.

أما عن كمية مياه الشرب المُستهلكة عام ٢٠١٣/٢٠١٤م فقد بلغت ٢٦٩٩٢,٨ ألف متر مكعب، وبالتالي فإن متوسط نصيب الفرد من مياه الشرب المُستهلكة بالمحافظة بلغ نحو ٦٨,٦ متر مكعب/فرد ملحق رقم (٣)، وهو معدل منخفض جداً عن نظيره بالجمهورية والبالغ نحو ٨٨,٩ متر مكعب/فرد (الجهاز المركزي للتعبئة العامة والإحصاء، ٢٠١٤م).

هذا ومن المُتوقع تزايد الطلب المستقبلي على مياه الشرب بمنطقة الدراسة؛ نظراً للزيادة المستمرة في أعداد السكان، وما يتبع ذلك من اتساع الرقعة العمرانية، والتوسع في إقامة المشروعات الاقتصادية. وهو ما يتضح من خلال الجدول رقم (٢) والشكل رقم (٢)، واللذان يتبين من تحليلهما ما يلي:

يُتوقع أن تبلغ أعداد السكان بمحافظة البحر الأحمر عام ٢٠٣٥م نحو ٦٦٩٥٦٩ نسمة، كما يُتوقع أن تبلغ الاحتياجات المستقبلية من مياه الشرب في العام نفسه نحو ٤٦٨٣١,٧ ألف متر مكعب، في حين أن كمية المياه المُستهلكة حالياً (عام ٢٠١٣/٢٠١٤م) بلغت نحو ٢٦٩٩٢,٨ ألف متر مكعب، أي أن الفرق بينهما ١٩٨٣٨,٩ ألف متر مكعب، وهي الاحتياجات المطلوب توفيرها من مياه الشرب حتى عام ٢٠٢٥م.

جدول (٢)

الاحتياجات المستقبلية من مياه الشرب بمدن محافظة البحر الأحمر

تبعاً لتقدير أعداد السكان عام ٢٠٣٥م

البيان المدينة	أعداد السكان تبعا لتقدير عام ٢٠٣٥م	كمية مياه الشرب المستهلكة (بالألف متر مكعب)		الفرق المطلوب توفيره (ألف متر مكعب)
		في الوقت الحالي ٢٠١٣/٢٠١٤م	الاحتياجات المطلوبة عام ٢٠٣٥م	
رأس غارب	٤٣٧٧٥	٢٥٨٢,٧	٣١٨٢,٤	٥٩٩,٧
الغردقة	٤٥٣٢٦٧	١٩١٩٩,٠	٣٦٠٣٤,٧	١٦٨٣٥,٧
سفاجا	٦٠٥١٣	٢٣٦١,٢	٣٣٧٦,٦	١٠١٥,٤
القصير	٥٩٩٩٦	١٨٤٣,٦	٢٥٩٧,٨	٧٥٤,٢
مرسي علم	١٥٩٨٧	٢٦١,٠	٤٥٤,٠	١٩٣
الشلاتين	٣٢٠١٠	٦٤٧,٥	١٠٤٣,٥	٣٩٦
حلايب	٤٠٢١	٩٧,٨	١٤٢,٧	٤٤,٩
المحافظة	٦٦٩٥٦٩	٢٦٩٩٢,٨	٤٦٨٣١,٧	١٩٨٣٨,٩

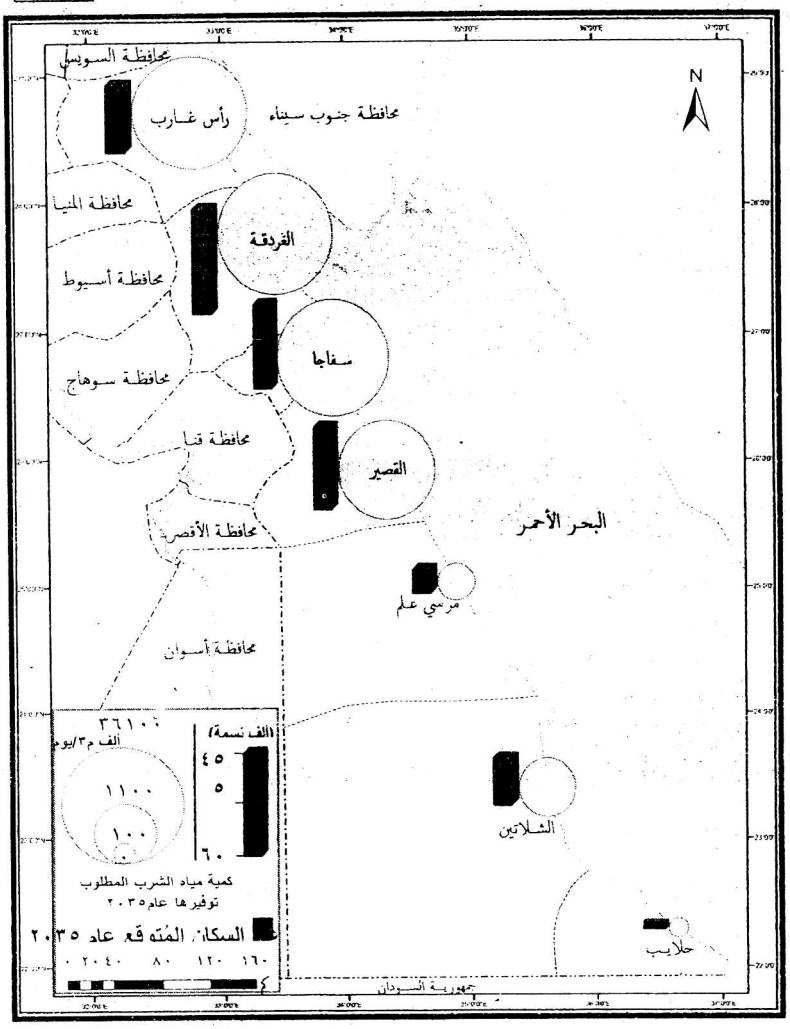
المصدر: الجدول من إعداد الباحث اعتماداً على:

١- تقدير سكان المحافظة عام ٢٠٣٥م من حساب الباحث اعتماداً على معادلة التغير الخطية التي سيرد ذكرها بالملحق رقم (١).

٢- الاستهلاك المُتوقع عام ٢٠٣٥م من حساب الباحث اعتماداً على متوسط نصيب الفرد من مياه الشرب المستهلكة بمدن المحافظة عام ٢٠١٣/٢٠١٤م، ملحق رقم (٣).

ويتفاوت هذا الفرق بين مدن المحافظة، حيث يصل أقصاه بمدينة الغردقة ليبلغ ١٦٨٣٥,٧ ألف متر مكعب، مما يعني أن المدينة سوف تحتاج إلي إمدادات كبيرة من مياه الشرب في المستقبل، خاصة في ظل التزايد المستمر لأعداد سكانها، والانتهاء من إقامة الكثير من المشروعات السياحية بها. بينما يصل الفرق أدناه بمدينة حلايب ليبلغ ٤٤,٩ ألف متر مكعب فقط؛ مما يدل على بطء النمو السكاني، وتواضع الإمكانات الاقتصادية بالمدينة؛ لتطرف موقعها.

وبما أن خطي نقل مياه النيل إلي المحافظة يعملان بكامل طاقتهما في الوقت الحالي؛ فإن الأمر يدعو إلي التوسع في إقامة محطات لتحلية مياه البحر؛ لسد الاحتياجات المستقبلية من مياه الشرب؛ كنتيجة للتزايد المستمر في أعداد السكان، والحاجة إلي تنمية مدن القطاع الجنوبي (مرسي علم، الشلاتين، حلايب)، والتي تعاني من انخفاض شديد في متوسط نصيب الفرد من مياه الشرب ملحق رقم (٣)، ونقص في إمداداتها يُمثل عائقاً وتحدياً كبيراً أمام تنمية هذه المدن اقتصادياً واجتماعياً.



شكل (٢)

التوزيع الجغرافي لأعداد السكان والاحتياجات المطلوبة من مياه الشرب

بمدن محافظة البحر الأحمر عام ٢٠٣٥م

شكل (٥-٤) التوزيع الجغرافي لأعداد السكان والاحتياجات المطلوبة من الطاقة الكهربائية

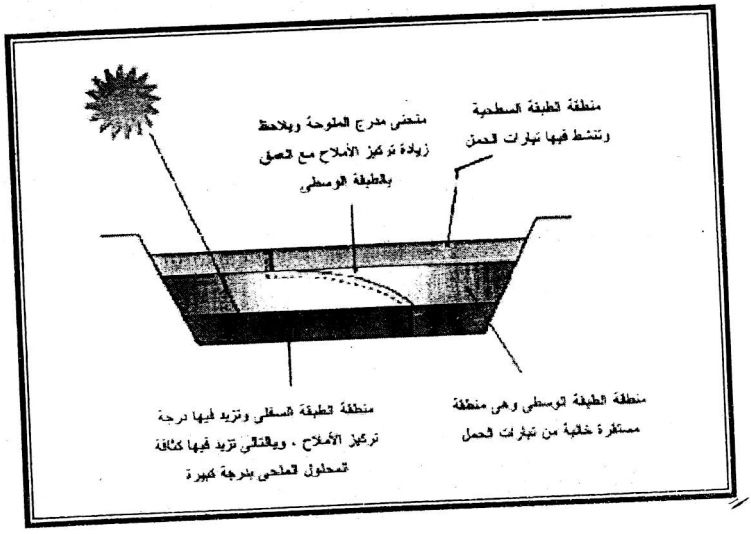
ثانيا: طريقة عمل البرك الشمسية وعوامل توطنها:

تُعد البرك الشمسية طريقة مُثلي لتجميع الطاقة الشمسية على نطاق واسع؛ بغرض توفير الطاقة اللازمة للعديد من التطبيقات التي تحتاج إلي درجات حرارة منخفضة كتحلية مياه البحر؛ وذلك لأن البرك الشمسية قادرة على تجميع الطاقة الشمسية، وتخزينها للاستعمالات اليومية والفصلية.

(١)- وصف البرك الشمسية وطريقة عملها:

تتكون البركة الشمسية من مسطح من الماء والملح كبير نسبياً يمكن تقسيمه إلي الطبقات الآتية (جابر سعيد ديبة، وآخرون، ٢٠١١م، ص ٢٢٤)

شكل رقم (٢)



شكل (٢) طبقات البركة الشمسية

•**الطبقة السطحية (Upper Convective Zone)**: وهي طبقة قليلة الملوحة تتعرض للرياح وتيارات الهواء، وتتأثر نتيجة لذلك بالحمل الحراري.

•**الطبقة الوسطي (Non- Convective Zone)**: وتتدرج الملوحة في هذه الطبقة من ملوحة منخفضة عند سطحها العلوي الملاصق لطبقة الحمل السطحية إلي ملوحة عالية عند نهايتها، ونتيجة تدرج الملوحة في هذه الطبقة بهذه الصورة؛ فإنها تميل إلي وأد تيارات الحمل الناتجة من تدرج درجة الحرارة نحو الزيادة في الاتجاه للأسفل، وتُسمي هذه الطبقة بطبقة اللاحمل أو طبقة تدرج الملوحة.

•**الطبقة السفلية (Lower Convective Zone)**: وتبدأ عند نهاية طبقة اللاحمل التي تنتهي بتدرج الملوحة، وتتعرض هذه الطبقة للحمل، ويتم فيها تخزين الطاقة الشمسية المُجمعة، ويُطلق عليها اسم طبقة الحمل السفلية، أو الطبقة الخازنة للطاقة.

وتتلخص طريقة عمل البرك الشمسية في أن الطبقتين العلويتين (السطحية، الوسطي) تسمحان بنفاذ أشعة الشمس إلي الطبقة السفلية، مما يؤدي إلي تسخينها. بينما الطبقتين العلويتين تكونان غير منفذتين للإشعاع الحراري؛ الأمر الذي يجعلهما تعملان مثل الغطاء الزجاجي للمجمع الشمسي. في حين تظل الطبقة الوسطي المتدرجة الملوحة في حالة ثبات، وغير موصلة للحرارة برغم ارتفاع درجة حرارة قاع البركة (الطبقة السفلية)؛ وذلك لأن تدرج زيادة الملوحة لأسفل يصاحبه زيادة متدرجة في كثافة المياه المالحة، بما يمنع صعود المياه المرتفعة الحرارة لأعلى.

(٢)- عوامل توطن البرك الشمسية:

تتعدد العوامل المؤثرة في توطين البرك الشمسية، وأهمها: المياه المالحة، والإشعاع الشمسي، والرياح.

أ- المياه المالحة:

تعتبر المياه المالحة أحد أهم متطلبات بناء البرك الشمسية، إذ يُستخدم الفارق الرأسي في درجات الملوحة بهذه البرك، وما يتبعه من فارق درجات الحرارة في تكوين طبقة من المياه شديدة الملوحة في قاع البركة، تكون درجة حرارتها أكثر ارتفاعاً من الطبقتين العلويتين؛ الأمر الذي ينجم عنه توليد فوارق في درجات الحرارة بين قاع البركة وسطحها، يمكن الاستفادة منه عن طريق مبادلات حرارية سواء في التسخين لتحلية مياه البحر وتدفئة برك السباحة، أو في إدارة دورة حرارية لتوليد الكهرباء.

وتُمثل محافظة البحر الأحمر بساحلها الشرقي الممتد على خليج السويس والبحر الأحمر بطول ١٠٨٠كم أصلح المناطق في مصر لتوطين تكنولوجيا البرك الشمسية؛ وذلك بسبب ارتفاع نسبة ملوحة مياه البحر الأحمر؛ نتيجة ارتفاع معدلات التبخر، وندرة الأمطار الساقطة، وعدم وجود أنهار تصب فيه.

هذا وتتباين نسبه ملوحة مياه البحر السطحية أمام سواحل مدن منطقة الدراسة، كما هو موضح بالجدول رقم (٣) والشكل رقم (٤).

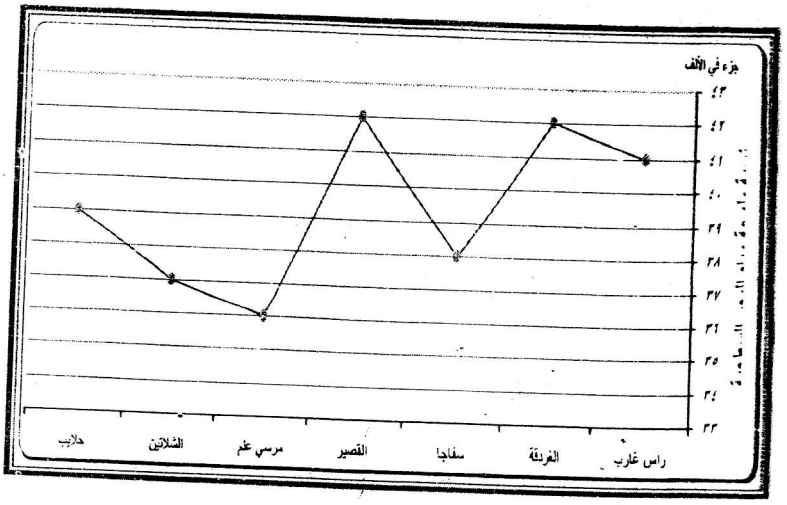
جدول (٣)

التوزيع الجغرافي لنسب ملوحة مياه البحر السطحية أمام سواحل مدن محافظة البحر الأحمر عام ٢٠١٣ م

المدينة البيان	رأس غارب	الغردقة	سفاجا	القصير	مرسي علم	الشلاتين	حلايب
نسبة الملوحة (جزء في الألف)	٤١	٤٢	٣٨	٤٢	٣٦	٣٧	٣٩

المصدر: الجدول من إعداد الباحث اعتماداً على:

المعهد القومي لعلوم البحار والمصايد بالغردقة، قياسات نسبة الملوحة في العينات المأخوذة من واقع الدراسة الميدانية عام ٢٠١٣م أمام سواحل مدن المحافظة، الغردقة، ٢٠١٣م.



شكل (٤)

التوزيع الجغرافي لنسبة ملوحة مياه البحر السطحية

أمام سواحل مدن منطقة الدراسة عام ٢٠١٣م

يتضح من خلال تحليل أرقام الجدول (٣) والشكل رقم (٤) ما يلي:

بلغ متوسط درجة ملوحة مياه البحر السطحية أمام سواحل المحافظة عام ٢٠١٣م نحو ٣٩,١ جزء في الألف، وتزيد هذه النسبة عن المتوسط في مدن القطاع الشمالي (رأس غارب ، الغردقة، سفاجا) حيث تبلغ نحو ٤٠,٣ جزء في الألف، بينما تنخفض عن المتوسط بمدن القطاع الجنوبي(القصير ، مرسي علم، الشلاتين، حلايب) لتصل إلي نحو ٣٨,٣ جزء في الألف.

وترتفع نسبة الملوحة كثيراً أمام سواحل مدينتي الغردقة والقصير لتسجل نحو ٤٢ جزء في الألف بكل من المدينتين؛ ويعزي ذلك الارتفاع أمام ساحل مدينة الغردقة إلي صرف الأملاح الناتجة عن تحلية مياه البحر بمحطة اليسر إلي البحر، بينما يرجع ارتفاع نسبة الملوحة أمام ساحل مدينة القصير إلي كثرة أملاح الفوسفات، حيث تتراكم مخلفات تنقية خام الفوسفات على ساحل البحر مباشرة ؛ مما يجعلها عرضه للانجراف داخل البحر بفعل الأمواج والمد والجزر.

بينما تنخفض نسبة ملوحة مياه البحر أمام ساحل مدينة مرسي علم لتسجل نحو ٣٦ جزء في الألف؛ ومرد ذلك وقوع المدينة عند مصب وادي علم، حيث تُسهم الأودية الجافة بما تحمله من مياه السيول عند سقوط الأمطار الفجائية إلي حدٍ ما في تقليل نسبة ملوحة مياه البحر أمام سواحل المدينة.

هذا عن نسبة ملوحة مياه البحر الأحمر السطحية، أما نسبة ملوحة مياهه العميقة فإنها ترتفع كثيراً لتصل إلي نحو ٢٥٧ جزء في الألف؛ بسبب وجود ما يُعرف بأحواض المياه الحارة (الشقوق العميقة) شديدة الملوحة، والتي تتراوح درجة حرارتها ما بين ٦٠ : ١٠٠ درجة مئوية، في حين يبلغ متوسط درجة حرارة المياه السطحية نحو ٣٢ درجة مئوية (Said, 1990, p.135). لذلك يمكن القول: بأن هناك تغيراً رأسياً في ملوحة ودرجة حرارة مياه البحر الأحمر، حيث تزداد نسبة الملوحة وترتفع درجة الحرارة مع ازدياد كثافة المياه بالعمق (Khalil, 2012, p.18)، وهو ما يتفق تماماً مع طبيعة عمل البرك الشمسية.

ب- الإشعاع الشمسي:

يلعب الإشعاع الشمسي دوراً مهماً في تحديد أنسب المواقع لإقامة البرك الشمسية، والتي تعمل بدورها كمُجمعات مسطحة للإشعاع الشمسي بما يسمح بتسخين الطبقة السفلية منها إلي ما يقرب من ٩٠ درجة مئوية في كثير من الأحيان، كما تعمل هذه البرك كخزان حراري كبير؛ لأنها تسمح بتخزين حرارة كل من النهار لاستعمالها ليلاً وحرارة الصيف لاستعمالها شتاءً. وكلما زاد العمق كلما أصبحت البركة الشمسية أكثر فعالية؛ وذلك بسبب وجود كتلة مائية كبيرة وسعة حرارية كبيرة مصاحبة (محمد منير مجاهد، ٢٠٠٢م، ص ٢٣٤).

وغني عن البيان أن محافظة البحر الأحمر تتلقي قدراً كبيراً من الإشعاع الشمسي؛ وذلك بحكم امتدادها الطولي من الجنوب إلي الشمال بين دائرتي عرض ٢٢° و٢٩° شمالاً (١)، ومساحتها الشاسعة التي تعادل ١٢% من مساحة مصر (٢)، علاوة علي ظروف المناخ الصحراوي التي تسودها بصفة عامة. ويبلغ المتوسط السنوي لعدد ساعات سطوع الشمس بالمحافظة ١٠,٧ ساعات/ يوم، وهو من أعلى المتوسطات في مصر. ويصل عدد ساعات السطوع بالمحافظة إلي أقصاه في شهر يونيو ليبلغ ١٢,٨ ساعة / يوم، بينما يصل إلي أدناه في شهري نوفمبر وديسمبر ليبلغ ٩,١ ساعات/ يوم. كما أن المتوسط السنوي للإشعاع الشمسي المباشر الذي تتعرض له المحافظة يُعد من أعلى المتوسطات في مصر شكل رقم (٥)، إذ يتراوح هذا المتوسط ما بين ٧ : ٩ ك.و.س(٣)/متر مربع/يوم (هيئة تنمية واستخدام الطاقة الجديدة والمتجددة، ١٩٩١، ص١٠١- ١١٢)؛ مما يعني أنه حال إقامة البرك الشمسية بمنطقة الدراسة؛ فإن كمية الطاقة التي يُمكن للبركة أن تجمعها ستتراوح ما بين ٧٠٠ : ٩٠٠ وات/متر مربع/يوم إذا كانت كفاءة تجميع هذه البركة ١٠%، وهو

معدل مرتفع للغاية؛ الأمر الذي يؤكد أن منطقة الدراسة تُعتبر من أنسب المناطق لإقامة البرك الشمسية داخل مصر.

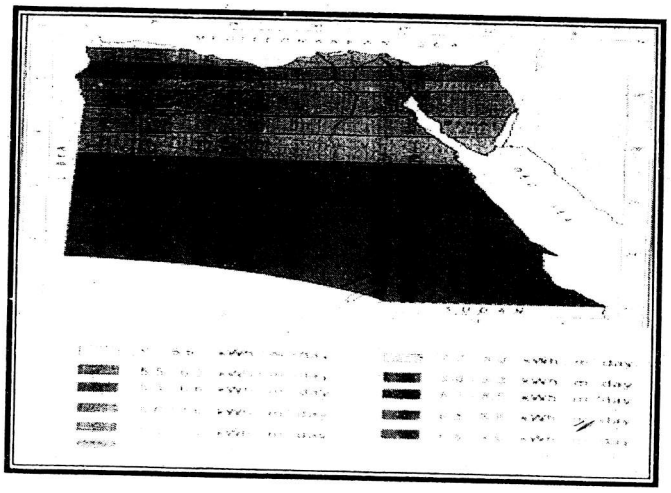
ج- الرياح:

يجب أن تتوطن البرك الشمسية بمنأى عن الرياح التي تؤدي إلي تقليب مياهها المالحة، واختلاط طبقاتها؛ مما يؤدي لإبطال الخواص الأساسية لهذه البرك.

وتتسم الرياح في منطقة الدراسة بصفة عامة بأنها سريعة؛ ومما يزيد من سرعتها عدم وجود عوائق تضاريسية واضحة علي طول السهل الساحلي، إلي جانب تأثير الرياح اليومية (نسيم البحر ونسيم البر)(محمد أحمد على، ٢٠٠٨م، ص١٦٠)، وهو ما يتضح من خلال الجدول رقم (٤):

شكل (٥)

المتوسط السنوي للإشعاع الشمسي المباشر على مصر



المصدر: (هيئة تنمية واستخدام الطاقة الجديدة والمتجددة، ٢٠١٢م، ص٢٠)

ويتبين من تحليل أرقام الجدول (٤) عدة حقائق أهمها:

سُجل أقصي متوسط شهري لسرعة الرياح بمحطات الأرصاد الجوية الثلاث في المحافظة بمحطة أرصاد الغردقة بسرعة ٢٦,٥ كم/ساعة خلال شهر يونيو، في حين تم تسجيل أدني متوسط شهري لسرعة الرياح بمحطة أرصاد القصير بمقدار ١٣,٧كم/ساعة خلال شهري يوليو وأغسطس، ويُعد فصلا الربيع والصيف هما أكثر فصول السنة سرعة للرياح في محطتي أرصاد الغردقة ورأس بناس؛ ويرجع ذلك إلي تأثر المنطقة لاسيما منطقة الغردقة بهبوب الرياح العاصفة (١) في عدد من الأيام يبلغ ثمانية، وهو أكبر عدد علي مستوي مصر كلها. فمن المعروف أن الرياح العاصفة تحدث في فصل الربيع؛ بسبب المنخفضات الخماسينية، وتكون حارة مترية (جودة حسنين جودة، ٢٠٠٢م، ص٢٣٦). أما محطة أرصاد القصير فيُعد كل من فصلي الشتاء والخريف هما أكثر الفصول تسجيلاً لسرعة الرياح؛ ويرجع هذا في المقام الأول إلي تأثير المنخفض السوداني الذي يبلغ ذروته في فصل الخريف، ويعود إلي موقعه في فصل الشتاء (أحمد زايد عبد الله، ٢٠٠٦م، ص٤٤).

جدول (٤)

التوزيع الشهري لمتوسط سرعة الرياح بمحطات أرصاد

محافظة البحر الأحمرفي الفترة (١٩٧٠ – ٢٠١٠م)

البيان الشهر	متوسط سرعة الرياح (كم / ساعة)		
	محطة أرصاد الغردقة	محطة أرصادالقصير	محطة أرصاد رأس بناس
يناير	٢٠,٩	١٦,٨	١٧,٢
فبراير	٢٢,٦	١٦,٧	١٧,٤
مارس	٢٣,٥	١٧,٢	١٩,٢
أبريل	٢٢,٩	١٥,٧	٢٠,٠
مايو	٢٤,٦	١٦,٧	٢٢,٦
يونيو	٢٦,٥	١٧,٤	٢٥,٥
يوليو	٢٣,٩	١٣,٧	١٩,٠
أغسطس	٢٥,٢	١٣,٧	١٩,٦
سبتمبر	٢٠,٩	١٧,٠	٢٢,٩
أكتوبر	١٩,٠	١٥,٩	١٧,٤
نوفمبر	١٩,٨	١٨,١	١٨,١
ديسمبر	١٩,٨	١٨,٣	١٦,٨

المصدر: الجدول من إعداد الباحث اعتماداً على:

الهيئة العامة للأرصاد الجوية، المعدلات المناخية بمحطات أرصاد محافظة البحر الأحمر للفترة (١٩٧٠ – ٢٠١٠ م)، بيانات غير منشورة، القاهرة، ٢٠١٣ م.

وبالرغم من ارتفاع معدلات سرعة الرياح بالمحافظة، مما يؤثر سلباً على كفاءة تجميع الطاقة الحرارية وتخزينها بالبرك الشمسية؛ فإنه يمكن التغلب على هذه المشكلة بعدة طرق، نذكر منها طريقتين: الأولى- تغطية سطح البركة بشبكة عائمة من الأنابيب الشفافة لتقليل حركة المياه السطحية، وقد تمَّ تجربة هذه الطريقة بجامعة ولاية أوهايو بالولايات المتحدة الأمريكية. والثانية- استخدام أجهزة لزيادة مقاومة حركة الهواء، وتم تجربتها في أستراليا (www.fakieh-rdc.org). كما يتطلب الأمر أيضاً مراقبة وصيانة مستمرة للبرك الشمسية من حيث وضوح المياه وشفافيتها، فقد تتسبب الرياح المُحملة بالأتربة والغبار وغيرها من المواد العالقة في نقص نفاذية مياه هذه البرك للإشعاع الشمسي؛ مما يتسبب في نقص كبير لكفاءتها.

ونَخلُص من العرض السابق لأهم عوامل توطين البرك الشمسية إلى أن محافظة البحر الأحمر تُعد من أكثر المناطق داخل جمهورية مصر العربية ملاءمة لإنشاء هذه البرك؛ نظراً لارتفاع معدلات الإشعاع الشمسي، وزيادة عدد ساعات سطوع الشمس بالمحافظة، علاوة على طول سواحلها على البحر الأحمر أحد أكثر بحار العالم ملوحة في مياهه، فضلاً عما تتسم به هذه المياه من تدرج رأسي في درجات حرارتها وملوحتها؛ الأمر الذي يؤكد أن البرك الشمسية تمثل أهم بدائل الطاقة التي يمكن استغلالها مستقبلاً في تحلية مياه البحر؛ للتغلب على مشكلة نقص مياه الشرب، وارتفاع تكلفة الوقود التقليدي المُستخدم في تشغيل محطات التحلية في الوقت الحالي.

ثالثاً: تحلية مياه البحر باستخدام البرك الشمسية:

تجدر الإشارة إلى أن التقنيات المُستخدمة حالياً في تحلية مياه البحر مثل: التناضح العكسي(١)، والتقطير، والتحليل الكهربائي تحتاج في إدارتها لكميات كبيرة من الطاقة، يتم الحصول عليها من خلال الوقود الأحفوري أو الطاقة

الكهربائية؛ وقد تنشأ وحدات التحلية هذه منفصلة أو ملحقة بمحطات توليد الكهرباء؛ لذا فإنها تتطلب استثمارات كبيرة، كما أنها تُسهم أحياناً في تلويث البيئة. ومن هنا جاء التفكير في استغلال الطاقة الشمسية عموماً والبرك الشمسية على وجه الخصوص في تحلية مياه البحر؛ وذلك نظراً لما تمتاز به محطات التحلية الشمسية عن نظيرتها التقليدية في أنها أقل تعقيداً، وأكثر مرونة في عمليات الصيانة واستبدال المكونات وقطع الغيار، إلي جانب أنها تعتمد في تشغيلها على طاقة متجددة وغير ملوثة للبيئة، وهي الطاقة الشمسية.

وقد أنشئت أول بركة شمسية لاستخدام الطاقة الناتجة منها في تحلية مياه البحر بجامعة أوهايو في الولايات المتحدة الأمريكية عام ١٩٧٦م (على إبراهيم بلتاجي، ٢٠١٢م، ص١٦). ثم خضعت هذه التجربة للتطوير في الكثير من بلدان العالم حتى بدأت تصل إلي مرحلة الإنتاج التجاري.

وتتعدد التقنيات المُستخدمة في تحلية مياه البحر اعتماداً على البرك الشمسية، وإن كانت تقنية التبخير الوميضي تُعد أفضلها؛ نظراً لما تتمتع به من مميزات، لعل أبرزها ما يلي:

- أنها تقنية مُتعارف عليها منذ زمنٍ بعيد.
- الزيادة الكبيرة في مُعامل أدائها، وبساطة إنشاءها (محمد منير مجاهد، ٢٠٠٢م، ص٣٨٢).
- أنها تستهلك طاقة حرارية عند درجات حرارة منخفضة نسبياً؛ مما يجعلها مناسبة للمزج مع عدة منظومات حرارية شمسية، وتأتي البرك الشمسية في مقدمة هذه المنظومات؛ حيث إن لها القدرة على توفير طاقة حرارية عند درجة حرارة تتراوح بين ٦٠ : ٨٠ درجة مئويةً على مدار السنة.
- تصميم وحدة التحلية بها يتلاءم مع المصدر الحراري المُتمثل في البرك الشمسية ذات التغير اليومي لدرجات الحرارة، حيث إنها تحتوي على منظم ذاتي

للتحكم في عملية التبخير؛ مما يؤهلها للعمل تحت مجال واسع من درجات حرارة المصدر بما يضمن التحكم في الكفاءة (عبد الحميد حواص، وكامل أمحمد المنصوري، ٢٠٠٤م، ص٥).

- عملية اندفاع البخار بين مراحلها المختلفة تتم دون وجود قطع أو أجزاء متحركة؛ نظراً لما يمتاز به المنظم الذاتي من قدرة على التحكم في هذه العملية.

وتستند فكرة استخدام البرك الشمسية في تحلية مياه البحر بواسطة تقنية التبخير الوميضي على حقيقة مؤداها: أن الماء يغلي عند درجات حرارة منخفضة كلما استمر تعريضه لضغوط منخفضة.

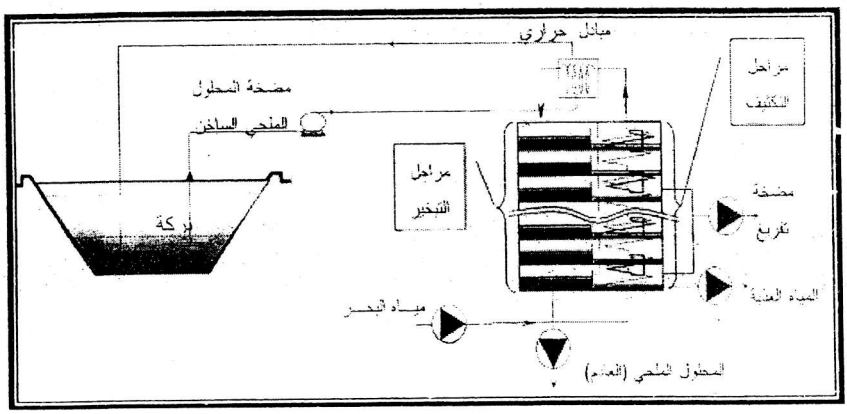
وتتم عملية التحلية بهذه التقنية من خلال عده مراحل يمكن إجمالها في الآتي:

- بداية يتم تسخين ماء البحر عن طريق مُبادل حراري(١)، يُغذي بالطاقة الحرارية المُستمدة من الطبقة السفلية بالبركة الشمسية.
- ثم يدخل ماء البحر إلي حجرة الضغط حتى يحدث له غليان مباشر، أو ما يسمي بالومض، ويتحول جزء منه إلي بخار. وتتسبب عملية التبخير هذه في خفض درجة حرارة الكمية المُتبقية من الماء المالح، حيث تُدفع تلك الكمية المتبقية إلي غرفة ثانية ذات ضغط أقل من الأولي، وهكذا تتكرر العملية فأي كمية من الماء تومض إلي بخار، بينما تقل درجة حرارة الماء المُتبقي ثانية، والذي يُدفع إلي غرفة ثالثة ورابعة .... الخ، حتى نهاية آخر مرحلة.
- ثم يتم تكثيف البخار الناتج عن عملية الومض؛ للحصول على الماء العذب من خلال ملامسته للمُبادل الحراري الذي يمر بداخله الماء المالح قبل دخوله غرفة التسخين. ومن ثم يتم استرجاع جزء من الطاقة المُستخدمة من خلال الحرارة التي تُنتزع من البخار عند تكثيفه وتحويله إلي ماء عذب، وتنتقل تلك الحرارة من خلال المُبادل الحراري لماء البحر فتكسبه جزءاً من الطاقة الحرارية اللازمة لغليانه، ويوضح الشكل رقم(٦) اتجاه سريان كل من مياه

البحر والمياه العذبة والمحلول الملحي بمحطة تحلية تعمل باستخدام بركة شمسية عن طريق هذه التقنية (عبد الحميد حواص، وكامل أحمد المنصوري، ٢٠٠٤م، ص٤٠٤-٥)، كما توضح الصورة رقم (١) نموذجاً لمحطة تحلية تعمل بطريقة التبخير الوميضي من خلال بركة شمسية أنشأتها جامعة تكساس الأمريكية.

شكل (٦)

رسم توضيحي لمحطة تحلية مياه بطريقة التبخير الوميضي المتعدد المراحل بالبرك الشمسية



صورة (١)

نموذج لمحطة تحلية تعمل بطريقة التبخير الوميضي

متعدد المراحل من خلال بركة شمسية (محطة الباسو)

المصدر: (University Of Texas, August 2002, P 6).

رابعاً: المواقع المقترحة لتوطين محطات تحلية مياه البحر باستخدام البرك الشمسية في محافظة البحر الأحمر:

لقد أحرزت تكنولوجيا استخدام البرك الشمسية في تحلية مياه البحر تقدماً هائلاً خلال الثلاثين سنة الماضية، حيث يمكن لبركة شمسية مساحتها ٠,٣١ كيلومتر مربع إنتاج نحو ٤٧٠٠ متر مكعب/ يوم من المياه المقطرة من خلال وحدات التحلية متعددة المراحل (Goutham, December 2013, p. 9). الأمر الذي يؤكد أن محافظة البحر الأحمر ينتظرها مستقبل واعد في مجال استخدام هذه التكنولوجيا لتحلية وتنقية المياه لأغراض الشرب وغيرها، خاصة في ظل توافر مساحات شاسعة من المياه المالحة، فضلا عن قوة الإشعاع الشمسي، وانخفاض معدلات التغيم، وزيادة عدد ساعات سطوع الشمس من ناحية، والتزايد المطرد في الطلب على مياه الشرب؛ لتلبية الاحتياجات المتنامية

للسكان والأنشطة الاقتصادية المختلفة، ومواكبة متطلبات عمليات التنمية الاقتصادية والاجتماعية من ناحية أخرى.

وتقترح الدراسة عدة مواقع بالمحافظة يمكن أن تتوطن بها هذه التكنولوجيا مستقبلاً شكل رقم (٧)، وذلك في ضوء العوامل المؤثرة في توطن البرك الشمسية، والتي سبقت الإشارة لها في موضع سابق من البحث، علاوة على مدي الحاجة لإنتاج مياه الشرب النقية بهذه المواقع، ولعل أبرز تلك المواقع ما يلي:

(١)- بحيرة كَراع الهارتواى[١]:

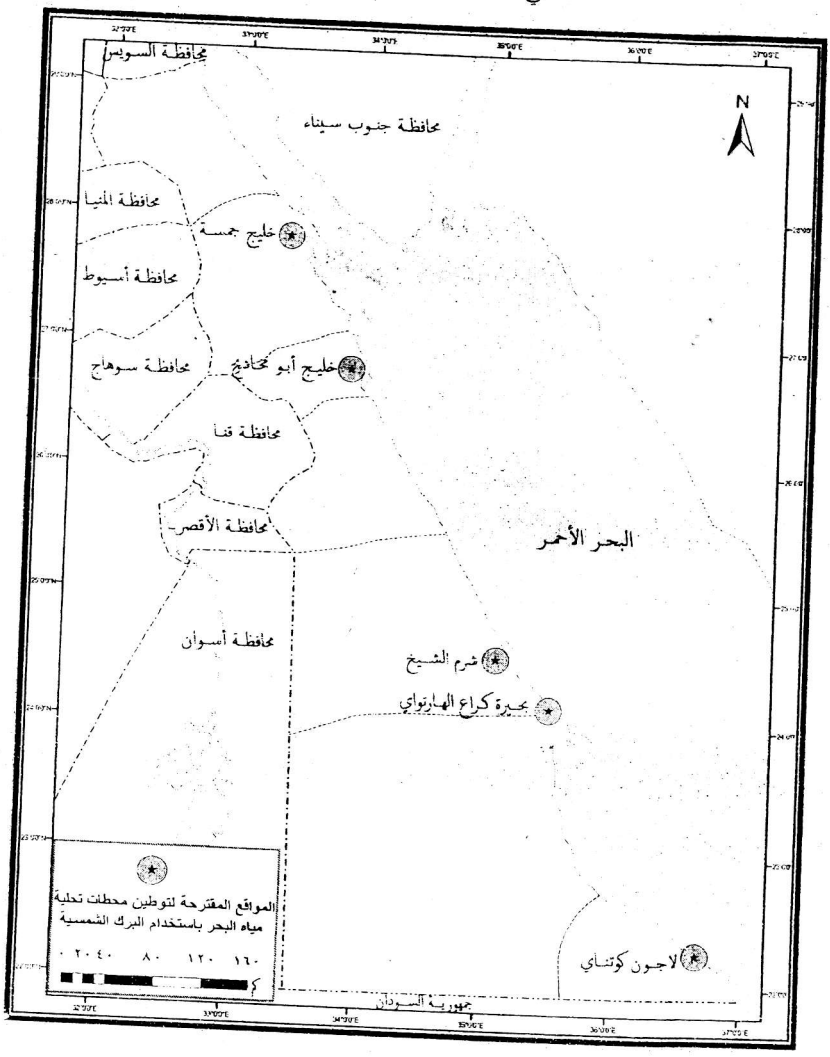
تقع هذه البحيرة إلي الجنوب الشرقي من مدينة مرسي علم بنحو ١٥٠ كيلومتر، وإلي الشمال الغربي من رأس بناس بنحو ٢٠ كيلومتر شكل رقم (٨)، وتبلغ مساحتها نحو ٥,٥ كيلومتر مربع. وتتراوح خطوط العمق بها بين صفر عند سواحلها حتى عشرة أمتار عند المدخل الشمالي للبحيرة، ويمكن القول: أن نحو ثلث مساحة البحيرة يتراوح عمقها ما بين صفر : ٥ أمتار، وأكثر من الثلثين يتراوح عمقها ما بين ٥ : ١٠ أمتار (طارق كامل خميس، ٢٠١٤م، ص٥٩٣). وتتصل البحيرة بالبحر مباشرة من خلال بوغاز طبيعي يصل اتساعه لنحو ٧٠٠ متر تقريباً (الدراسة الميدانية، ٢٠١٣م).

وتتعدد الأسباب التي جَعَلت بحيرة كَراع الهارتواى تأتي في مقدمة المواقع الصالحة لإقامة محطات تحلية باستخدام البرك الشمسية، ويمكن إجمال هذه الأسباب فيما يلي:

- وجود بوغاز يصل البحيرة بالبحر أدَّى دوراً مهماً في وصول تيارات تعويضية من المياه المالحة إلي البحيرة، وحافظ علي مياهها من الجفاف؛ لقلة الأمطار، وارتفاع معدلات التبخر بالمنطقة الواقعة بها البحيرة. إذ يبلغ معدل التبخر بمحطة أرصاد رأس بناس نحو ١٦,٨ ملليمتر (الهيئة العامة للأرصاد الجوية، ٢٠١٣م).

شكل (٧)

المواقع المُقترحة لتوطين محطات تحلية مياه البحر باستخدام البرك الشمسية في محافظة البحر الأحمر



- كان لارتفاع معدلات التبخر دوراً كبيراً في ارتفاع نسبة الملوحة بمياه البحيرة، لاسيما في القاع كنتيجة طبيعية لترسب الأملاح به؛ ومن ثم وجود تدرج في ملوحة ودرجات حرارة مياه البحيرة بزيادة العمق.
- خلو منطقة رأس بناس التي تقع بها البحيرة من وجود أي محطات لتحلية مياه البحر، حيث يتم نقل مياه الشرب من مدينة مرسي علم إلي قري البدو والصيادين، ومطار برانيس الحربي - المُزمع تحويله إلي مطار دولي لتنمية المنطقة - والقاعدة البحرية بالمنطقة، وذلك عن طريق سيارات الصهاريج التابعة للمحافظة والقوات المسلحة.

شكل (٨)

موقع بخيرةُ كَراع الهارتواى على ساحل البحر الأحمر

(٢)- خليج جمسة:

خليج مستطيل الشكل، يقع على بعد ٤٠ كيلومتر شمال مدينة الغردقة، ويمتد من الشمال الغربي إلي الجنوب الشرقي، ويتميز مدخله المواجه للجنوب الشرقي بضيقه شكل رقم (٩)، إلي جانب أعماقه التي لا تزيد على ٢٩ متراً (محمد صبري محسوب، ١٩٩٠م، ص١٠٠) كما يتميز الخليج بهدوء مياهه؛ لأنه محمي من الأمواج التي تكونها الرياح الشمالية والشمالية الغربية؛ الأمر الذي يحول دون تقليب مياهه، واختلاط طبقاتها؛ فضلاً عن ارتفاع نسبة ملوحة المياه به والتي تبلغ نحو ٤١ جزء في الألف عند السطح وتزداد مع العمق، علاوة على قُربه من مدينة الغردقة حاضرة المحافظة، وأكثر مدنها استهلاكاً لمياه الشرب؛ لكبر حجم سكانها، وازدهار وتنوع النشاط الاقتصادي بها. لذا فإن خليج جمسة يُعد أحد المواقع الصالحة لإقامة البرك الشمسية واستخدامها في تحلية مياه البحر.

شكل (٩)

موقع خليج جمسة على ساحل البحر الأحمر

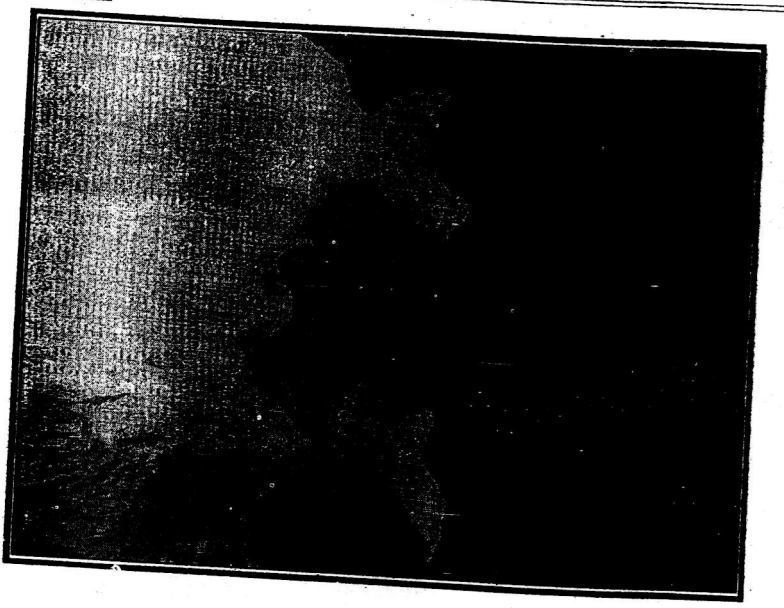
(المصدر: المرئية الفضائية عام ٢٠٠٣م من القمر الصناعي Land sat 5)

(٣)- خليج أبو مخاديج (مكادي):

خليج شبه مغلق تحميه جزيرة صغيرة تُسمي جزيرة حشيش، ويقع إلي الجنوب الشرقي من رأس الضبعة شمال غرب مدينة سفاجا بنحو ٢٠ كيلومتر شكل رقم (١٠)، ويبلغ عمقه ٣٠ متراً (محمد صبري محسوب، ١٩٩٠م، ص١٠٠). وقد كان لوقوع جزيرة حشيش في مواجهه الخليج مباشرة دورٌ في تكسير الأمواج قبل وصولها إليه؛ ومن ثم حافظت على هدوء مياهه المالحة، هذا بالإضافة إلي وقوعه داخل المركز السياحي جنوب مدينة الغردقة، والذي يضم عدداً كبيراً من القرى والفنادق التي تحتاج لمياه البحر المُحلاه لخدمة أغراض الشرب، وملء حمامات السباحة، وري الحدائق ...الخ. وبُناءً على ذلك يدخل خليج مكادي ضمن المواقع المُقترحة بالمحافظة لتوطين تكنولوجيا تحلية مياه البحر من البرك الشمسية.

(٤)- شرم الشيخ:

شرم ضيق لا يزيد عرضه على كيلومتر ونصف، وعمق يصل لنحو ١٧ متراً مع استواء الشواطئ المحيطة بجوانبه، ويقع جنوب وادي الجمال شكل رقم (١١). ولعل من أبرز الأسباب التي أدت لصلاحية هذا الموقع لإنشاء البرك الشمسية قربه من قرية أبو غصون إحدى مستوطنات التعدين وأهم مراكز صيد الأسماك جنوب المحافظة، والتي لا توجد بها أي محطات لتحلية مياه البحر، وإنما تنقل إليها المياه المُحلاه بواسطة سيارات الصهاريج من مدينة مرسي علم. علاوة على قوة الإشعاع الشمسي بالمنطقة والتي تصل لنحو ٨,٥ ك.و.س/متر مربع/يوم، وما تبعه من زيادة في معدلات التبخر، وبالتالي ارتفاع نسبة ملوحة مياه البحر كنتيجة لذلك.



(المصدر: المرئية الفضائية عام ٢٠٠٣م من القمر الصناعي Land sat 5)

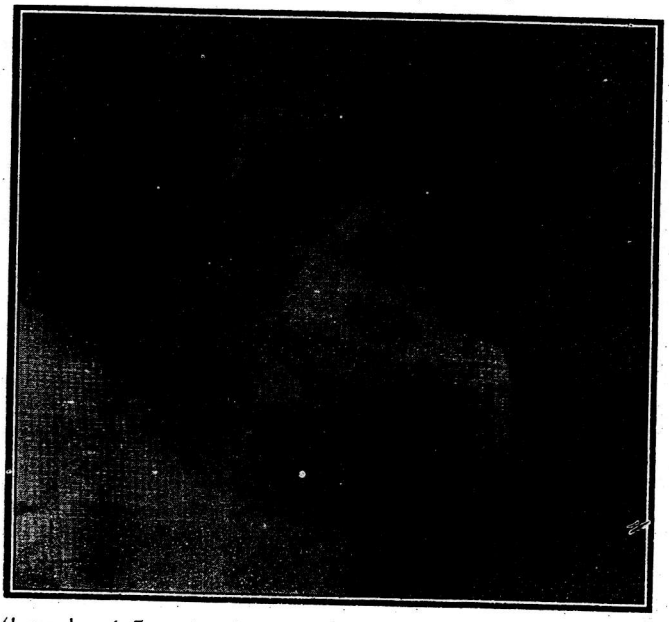
شكل (١٠) موقع خليج أبو مخاديج (مكادي) على ساحل البحر الأحمر

(المصدر: المرئية الفضائية عام ٢٠٠٣م من القمر الصناعي Land sat 5)

شكل (١١) موقع شرم الشيخ على ساحل البحر الأحمر

(٥)- لاجون[١] كوتُناي:

يقع لاجون كوتُناي جنوب حلايب بـ ١٠ كيلومترات شكل رقم (١٢)، ويصل عمقه لنحو عشرة أمتار، وبالرغم من أن نسبة ملوحة المياه السطحية بالمنطقة تبلغ نحو ٣٩ جزء في الألف؛ فإنها ترتفع لتصل إلي نحو ٥٦ جزء في الألف عند القاع (على عمق ١٠ أمتار)، كما أن قوة الإشعاع الشمسي بالمنطقة تصل إلي ٩ ك.و.س/متر مربع/يوم؛ مما جعلها تندرج تحت المواقع التي يُقترح إقامة محطات لتحلية مياه البحر بها من البرك الشمسية، خاصة في ظل الاهتمام المتزايد من قِبَل الدولة بالمنطقة في الآونة الأخيرة - تأكيداً لمبدأ سيادة الدولة المصرية على جميع أراضيها - والرغبة في إقامة العديد من المشروعات التنموية، والتي تتطلب بالضرورة توافر مياه الشرب النقية.



(المصدر: المرئية الفضائية عام ٢٠٠٣م من القمر الصناعي Land sat 5)

شكل (١٢) موقع لاجون كوتُناي على ساحل البحر الأحمر

ويعد التعرف على أهم المواقع الصالحة لتوطن محطات تحلية مياه البحر باستخدام البرك الشمسية داخل المحافظة، وما يتوافر بها من إمكانات في هذا الشأن، تقترح الدراسة أيضاً استخدام طاقة الرياح مع البرك الشمسية في نظام مزدوج؛ لتوفير الطاقة اللازمة لإدارة محطات التحلية؛ وذلك لتعظيم الاستفادة من الإمكانات المتاحة في مجال طاقة الرياح، حيث يتراوح متوسط سرعة الرياح على ساحل البحر الأحمر ما بين ٥,٦: ٦,٥ أمتار/ثانية (محمد خميس الزوكه، ٢٠٠١، ص٣٢٧)، الأمر الذي يزيد من الجدوى الاقتصادية لتحلية مياه البحر، ويحقق الهدف المنشود في الحصول على المياه العذبة والطاقة معاً، خصوصاً في المناطق النائية الواقعة جنوب المحافظة، والتي تبعُد عن نطاق شبكات الكهرباء، وتعاني نقصاً في إمدادات مياه الشرب والوقود.

خامساً: اقتصاديات تحلية مياه البحر باستخدام البرك الشمسية:

أثبتت الأبحاث والدراسات أن العائد الاقتصادي من وراء استخدام البرك الشمسية كمصدر للطاقة الحرارية اللازمة لإزالة ملوحة مياه البحر يعتبر عائداً مجدياً ومؤكداً. فعلى سبيل المثال ذكرت دراسة مختصرة – تم نشرها في ٢٦ أبريل ٢٠٠٥م – لمشروع بركة شمسية لتحلية مياه البحر بجزيرة سريلانكا أن تكلفة إنشاء المتر المربع من البركة تراوحت بين ٤ : ٧ دولارات أمريكية (محمد عبد الرحمن سلامة، مارس ٢٠١٣م، ص٦٢)، في حين تراوحت تكلفة إنشاء المتر المربع بالنسبة لمحطات التحلية التقليدية التي تعمل بالوقود الأحفوري أو الطاقة الكهربائية ما بين ١٠٠٠ : ١٤٠٠ دولار أمريكي (الأمم المتحدة،٢٠٠٣م، ص١٣٤-١٣٥)؛ كما أن العمر الافتراضي لمحطات البرك الشمسية يُعد أطول بكثير من نظيره للمحطات التقليدية.

هذا بالإضافة إلي أن تكلفة إنتاج المتر المكعب من المياه المحلاة بالبرك الشمسية تكاد تكون منعدمة؛ لأنها تستخدم مصدراً طبيعياً للطاقة (الإشعاع الشمسي)، على عكس المحطات التقليدية التي ترتفع بها تكلفة الإنتاج نظراً لاعتمادها على مصادر الوقود الأحفورى، أو الطاقة الكهربائية. وهو ما لا يدع مجالاً للشك في القول بأن البرك الشمسية تتفوق من الناحية الاقتصادية بل والبيئية على غيرها من مصادر الطاقة الأخرى المُستخدمة في تحلية مياه البحر في الوقت الراهن.

النتائج والتوصيات:

توصلت الدراسة إلي عدة نتائج، يمكن إيجازها فيما يلي:

١- تعتمد محافظة البحر الأحمر في سد احتياجاتها الحالية من مياه الشرب النقية على مصدرين هما: مياه النيل المنقولة عبر خطوط الأنابيب، ومحطات تحلية مياه البحر.

٢- تتوطن أغلب محطات تحلية مياه البحر داخل المدن، حيث تتوافر إمدادات الوقود والكهرباء التي تُدار بها، في حين تخلو الكثير من قري المحافظة ومستوطنات التعدين سواء الواقعة على الساحل أو في الداخل من هذه المحطات، وتُنقل إليها المياه المُحلاه بواسطة سيارات الصهاريج، خصوصاً المناطق النائية الواقعة جنوب المحافظة.

٣- تعاني محافظة البحر الأحمر عموماً ومدن القطاع الجنوبي بها خصوصاً من انخفاض متوسط نصيب الفرد من مياه الشرب المُستهلكة، حيث بلغ المتوسط العام بالمحافظة عام ٢٠١٣/٢٠١٤م نحو ٦٨,٦ متر مكعب/ فرد، في الوقت الذي بلغ فيه هذا المتوسط بمدن: مرسي علم، السلاتين، حلايب نحو ٢٨,٤ و ٣٢,٦ و ٣٥,٥ متر مكعب/ فرد على الترتيب.

٤- تعتبر البرك الشمسية أحد الحلول المثلى للتجميع والتخزين طويل المدى للطاقة الشمسية، والاستفادة منها في التطبيقات التي تحتاج إلي طاقة حرارية ذات درجات حرارة منخفضة نسبياً، ولعل أبرز هذه التطبيقات تحلية مياه البحر.

٥- تُمثل البرك الشمسية أهم بدائل الطاقة المُتاحة للاستغلال على نطاق تجاري بالمحافظة؛ لتوافر مساحات شاسعة من المياه المالحة، فضلاً عن قوة الإشعاع الشمسي، وزيادة عدد ساعات السطوع.

٦- تُعد البحيرات الساحلية كبحيرة كُراع الهارتواى، والخلجان والشروم البحرية مثل: خليجي جسة وأبو مخاديج وشرم الشيخ، علاوة على لاجون كوتُناي أهم المناطق الصالحة لإقامة محطات تحلية باستخدام البرك الشمسية؛ نظراً لما تتمتع به هذه المواقع من مقومات طبيعية في هذا الشأن، فضلاً عن قربها سواء من المناطق التي سوف تحتاج إلي إمدادات كبيرة من مياه الشرب في المستقبل كمدينة الغردقة، أو تلك التي يوجد بها نقص في إمدادات مياه الشرب جنوب المحافظة.

٧- ارتفاع الجدوى الاقتصادية من استخدام البرك الشمسية كمصدر للطاقة في تحلية مياه البحر، كبديل عن محطات التحلية التقليدية ذات التكلفة الإنشائية والإنتاجية المرتفعة.

وفي ضوء هذه النتائج توصي الدراسة بالآتي:

١- نشر الوعي بأهمية ترشيد استهلاك مياه الشرب.

٢- التوزيع العادل لمحطات تحلية مياه البحر على القرى والمراكز العمرانية المتناثرة على الساحل أو في الداخل؛ بغرض توفير احتياجات هذه المناطق من مياه الشرب النقية، بما يساعد في خلق مجتمعات عمرانية مستقرة، ويُسهم في تنفيذ خطط وبرامج التنمية المختلفة.

٣- تشجيع المستثمرين على الدخول في مجال إقامة محطات لتحلية مياه البحر من البرك الشمسية، ووضع القوانين والتشريعات اللازمة لذلك.

٤- إنشاء مركز لبحوث الطاقة الشمسية بمحافظة البحر الأحمر؛ ليتولي مهمة إعداد الدراسات والأبحاث الخاصة باستغلال موارد الطاقة الشمسية المتاحة - وفي مقدمتها البرك الشمسية- الاستغلال الأمثل.

٥- إمكانية المزج بين طاقة الرياح والبرك الشمسية في نظام مزدوج؛ لتوفير الطاقة اللازمة لإدارة محطات التحلية؛ وهو ما يُحقق الهدف المنشود في الحصول على المياه العذبة والطاقة معاً.

٦- تعظيم العائد الاقتصادي من البرك الشمسية من خلال إنشائها كمُلحقات بالملاحات الشمسية، بحيث يتم استخدام السائل الملحي المُر، الذي يتم صرفه كنفايات من الملاحات الشمسية بعد ترسُّب كلوريد الصوديوم في تغذية البرك الشمسية، وفي المقابل فإن الطاقة الحرارية المستمدة من هذه البرك يمكن استغلالها في تعدين الملح.

ملحق (١)

البيان المدينة	تعداد عام ١٩٩٦م	تعداد عام ٢٠٠٦م	تقدير عام ٢٠١٤م
	أعداد السكان(نسمة)	أعداد السكان(نسمة)	أعداد السكان(نسمة)
رأس غارب	٢٨٤٣٦	٣٢٣٦٩	٣٥٥١٥
الغردقة	٦٠٠٨٥	١٦٠٩٠١	٢٤١٥٥٤
سفاجا	٢٦٧١٢	٣٥٣٧٩	٤٢٣١٣
القصير	٢٧٦١٨	٣٥٩٢٠	٤٢٥٦٢
مرسي علم	٣٣٨٢	٦٦١٤	٩٢٠٠
الشلاتين	٩٤١٧	١٥٢١٠	١٩٨٤٤
حلايب	١٦٦٥	٢٢٦٩	٢٧٥٢
المحافظة	١٥٧٣١٥	٢٨٨٦٦٢	٣٩٣٧٤٠

أعداد سكان محافظة البحر الأحمر تبعاً لتعدادي ١٩٩٦ و٢٠٠٦م وتقدير عام ٢٠١٤م

المصدر: الجدول من إعداد الباحث اعتماداً على:

١- الجهاز المركزي للتعبئة العامة والإحصاء، ج.م.ع، النتائج النهائية لتعداد السكان- محافظة البحر الأحمر، عامي ١٩٩٦م و٢٠٠٦م، القاهرة، صفحات متفرقة.

٢- تم تقدير أعداد سكان المحافظة عام ٢٠١٤م وفق معادلة التغير الخطية الآتية:

$$\frac{PL - PB}{Y} = \frac{\triangle}{\triangle}$$

$$PT = PL + \triangle \times Y$$

حيث: (دلتا) = معدل النمو السنوي

PL: عدد سكان التعداد الثاني PB: عدد سكان التعداد الأول

PT: تعداد السكان في السنة المطلوبة Y: الفترة التعدادية الفاصلة بين التعدادين

عن:(Shyrock, 1976, p. 565).

ملحق (٢)

مساحات مدن محافظة البحر الأحمر

البيان المدينة	المساحة بدون الظهير الصحراوي (كم٢)	المساحة المأهولةأو المبنية (كم٢)
رأس غارب	٣٥٠٠,٠	٣٥,٩
الغردقة	١٢٨٤,٠	٩٦,٨
سفاجا	٤٦٥,٠	٣٦,١
القصير	١٠٥٠,٠	١٥,٥
مرسي علم	٢٨٠,٠	١٠,٠
الشلاتين*	٣٠٠,٠	٢٥,٠
الإجمالي	٦٨٧٩,٠ *	٢١٩,٣

المصدر:

محافظة البحر الأحمر، مركز المعلومات ودعم اتخاذ القرار، إدارة نظم المعلومات الجغرافية، بيان المساحات وكردونات المباني، بيانات غير منشورة، الغردقة، ٢٠١٣م.

* مساحة مدينة الشلاتين تشمل كل من مساحة الشلاتين وحلايب معاً.

* إجمالي مساحة المحافظة (تشمل الظهير الصحراوي): ١٢٠٠٠٠ كيلومتر مربع

ملحق (٣)

البيان المدينة	كمية مياه الشرب المُستهلكة (بالألف متر مكعب)	تقدير أعداد السكان عام ٢٠١٤م(نسمة)	متوسط نصيب الفرد من مياه الشرب المستهلكة (متر مكعب/ فرد)
رأس غارب	٢٥٨٢,٧	٣٥٥١٥	٧٢,٧
الغردقة	١٩١٩٩,٠	٢٤١٥٥٤	٧٩,٥
سفاجا	٢٣٦١,٢	٤٢٣١٣	٥٥,٨
القصير	١٨٤٣,٦	٤٢٥٦٢	٤٣,٣
مرسي علم	٢٦١,٠	٩٢٠٠	٢٨,٤
الشلاتين	٦٤٧,٥	١٩٨٤٤	٣٢,٦
حلايب	٩٧,٨	٢٧٥٢	٣٥,٥
المحافظة	٢٦٩٩٢,٨	٣٩٣٧٤٠	٦٨,٦

التوزيع الجغرافي لكمية مياه الشرب المُستهلكة

ومتوسط نصيب الفرد منها بمدن محافظة البحر الأحمر عام ٢٠١٣/ ٢٠١٤م

المصدر: الجدول من إعداد الباحث اعتماداً على:

١- شركة مياه الشرب والصرف الصحي بالبحر الأحمر، بيان كمية مياه الشرب المُستهلكة بمدن المحافظة عام ٢٠١٣/٢٠١٤م ، بيانات غير منشورة، الغردقة، ٢٠١٤م.

٢- متوسط نصيب الفرد من مياه الشرب المُستهلكة من حساب الباحث اعتماداً على المعادلة التالية:

متوسط نصيب الفرد من مياه الشرب المُستهلكة = كمية مياه الشرب المُستهلكة ÷ عدد السكان

المصادر والمراجع:

أولاً: المصادر والمراجع العربية:

(أ)- المصادر:

١- الأمم المتحدة، اللجنة الاقتصادية لغربي آسيا (٢٠٠٣م): تقييم الجوانب القانونية لإدارة الموارد المائية المشتركة في منطقة الاسكوا، نيويورك.

٢- الجهاز المركزي للتعبئة العامة والإحصاء، ج.م.ع (١٩٨٨م): التعداد العام للسكان والإسكان والمنشآت عام ١٩٩٦م، النتائج التفصيلية، محافظة البحر الأحمر، القاهرة.

٣- _____ ، _____ (٢٠٠٨م): التعداد العام للسكان والإسكان والمنشآت عام ٢٠٠٦م، النتائج التفصيلية، محافظة البحر الأحمر، القاهرة.

٤- _____ ، _____ (يوليو ٢٠١٤م): نشرة تنقية وتوزيع وبيع مياه الشرب عام ٢٠١٢م/٢٠١٣، القاهرة.

٥- _____ ، _____ (٢٠١٤م): كتاب مصر في أرقام عام ٢٠١٤م، القاهرة.

٦- المعهد القومي لعلوم البحار والمصايد بالغردقة (٢٠١٣م): قياسات نسبة الملوحة في العينات المأخوذة من واقع الدراسة الميدانية عام ٢٠١٣م أمام سواحل مدن المحافظة، الغردقة.

٧- الهيئة العامة للأرصاد الجوية (٢٠١٣م): المعدلات المناخية بمحطات أرصاد محافظة البحر الأحمر للفترة (١٩٧٠ - ٢٠١٠م)، بيانات غير منشورة، القاهرة.

٨- شركة مياه الشرب والصرف الصحي بالبحر الأحمر (٢٠١٤م): بيان أعداد محطات تحلية مياه البحر وطاقتها الإنتاجية بالمحافظة عام ٢٠١٣/٢٠١٤م، بيانات غير منشورة، الغردقة.

٩- (٢٠١٤م): بيان كمية مياه الشرب المُستهلكة بمدن المحافظة عام ٢٠١٢/٢٠١٤م ، بيانات غير منشورة، الغردقة.

١٠- محافظة البحر الأحمر، مركز المعلومات ودعم اتخاذ القرار (٢٠١٣م): إدارة نظم المعلومات الجغرافية، بيان المساحات وكردونات المباني، بيانات غير منشورة، الغردقة.

١١- هيئة المساحة العسكرية (١٩٩٥م): الخريطة الطبوغرافية لمحافظة البحر الأحمر مقياس ١ : ١٢٥٠٠٠٠، لوحة رقم (٩٣/١٦١)، القاهرة.

١٢- هيئة تنمية واستخدام الطاقة الجديدة والمتجددة (١٩٩١م): أطلس الإشعاع الشمسي لجمهورية مصر العربية، القاهرة.

١٣- (٢٠١٢م):التقرير الإحصائي السنوي لعام ٢٠١١/٢٠١٢م، القاهرة.

(ب)- المراجع:

١- أحمد زايد عبد الله (٢٠٠٦م): المخاطر الجيومورفولوجية بمراكز العمران على ساحل البحر الأحمر في مصر: دراسة في الجيومورفولوجية التطبيقية، رسالة ماجستير غير منشورة، كلية الآداب، جامعة القاهرة.

٢- جابر سعيد ديبة، وآخرون (٢٠١١م): التصميم الأمثل للبرك الشمسية، مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية(سلسلة العلوم الهندسية)، المجلد (٣٣)، العدد (٦)، دمشق.

٣- جودة حسنين جودة (٢٠٠٢م): جغرافية مصر الطبيعية وخريطة المعمور المصري في المستقبل، دار المعرفة الجامعية، الإسكندرية.

٤- خيري أغا (يونيو ١٩٩٤م): البرك الشمسية وتطبيقاتها، مركز دراسات الطاقة الشمسية، مجلة الطاقة والحياة، العدد (٣)، طرابلس.

٥- طارق كامل خميس (٢٠١٤م): جيومورفولوجية بحيرة كراع الهارتواى شمال رأس بناس – مصر وسيناريوهات الارتفاع المتوقع في مستوى سطح البحر، المؤتمر السنوي الدولي لمعهد البحوث والدراسات الأفريقية (الآثار المُحتملة للتغيرات المناخية على القارة الأفريقية)، في الفترة من ١٨-٢٠ مايو ٢٠١٤م، جامعة القاهرة.

٦- عبد الحميد حواص، كامل أمحمد المنصوري (٢٠٠٤م): تشغيل محطة تحلية المياه بواسطة نظام مزدوج مكون من البركة الشمسية وتربينة ريحية، مركز دراسات الطاقة الشمسية، طرابلس.

٧- على إبراهيم بلتاجي (٢١ أكتوبر ٢٠١٢م): استخدام البرك الشمسية لإنتاج الطاقة، جريدة الأهرام، العدد (٤٥٩٧٥)، القاهرة.

٨- محمد أحمد علي سليمان (٢٠٠٨م): إنتاج الكهرباء واستهلاكها في محافظة البحر الأحمر: دراسة في الجغرافيا الاقتصادية، رسالة ماجستير غير منشورة، كلية الآداب، جامعة طنطا.

٩- محمد خميس الزوكه (٢٠٠١م): جغرافية الطاقة (مصادر الطاقة بين الواقع والمأمول)، دار المعرفة الجامعية، الإسكندرية.

١٠- محمد صبري محسوب (١٩٩٠م): جغرافية الصحاري المصرية (الجوانب الطبيعية)، الجزء الثاني، الصحراء الشرقية، دار النهضة العربية، القاهرة.

١١- ــــــــــــ ، جودة فتحي التركماني (٢٠٠٣م): الموارد الاقتصادية: دراسة جغرافية، القاهرة.

١٢- محمد عبد الرحمن سلامة (مارس ٢٠١٣م): البرك الشمسية مصدر للطاقة المتجددة، مجلة العلم، العدد (٤٣٧)، القاهرة.

١٣- محمد منير مجاهد (٢٠٠٢م): مصادر الطاقة في مصر وآفاق تنميتها، المكتبة الأكاديمية، القاهرة.

ثانياً: المصادر والمراجع الأجنبية:

1- Abu Zeid, M. (March 2000): Desalination in Egypt between the past and future prospects, Watermark, The newsletter of the Middle East desalination research center, Issue 9.

2- Goutham, K., & Chukka, S. (December 2013): Solar Pond Technology, International Journal of Engineering Research and General Science, Volume 1, Issue 2.

3- http://www.fakieh-rdc.org.

4- http://ar.wikipedia.org/wik

5- Khalil, A. S. M. (2012): " Coastal Vulnerability and Adaptations to Climate Change Impacts on the Red Sea and Gulf of Aden Region ", Regional LMR Program, PERSGA.

6- Said, R. (1990): The Geology of Egypt. A.A. Balkema, Rotterdam, Brookfield.

7- Shyrock, S. (1976): The Methods and Material of Demography, Academic Press, New York.

8- University of Texas at El Paso (August 2002): Thermal Desalination using MEMS and Salinity-Gradient Solar Pond Technology, El Paso, Texas.

(١)- تم تحديد الموقع الفلكي من واقع الخريطة الطبوغرافية لمحافظة البحر الأحمر (مقياس ١ : ١٢٥٠٠٠٠)، لوحة رقم ٩٣/١٦١، ١٩٩٥م.

(٢)- تبلغ مساحة محافظة البحر الأحمر نحو ١٢٠٠٠٠ كم٢، بينما تبلغ مساحة جمهورية مصر العربية نحو ٩٩٦٦٠٢,٦ كم٢ (الجهاز المركزي للتعبئة العامة والإحصاء، ٢٠١٤م، ص١٥).

(٣)- ك.و.سَ: اختصار للكيلو وات ساعة، وهو وحدة قياس الطاقة، ويساوي ١٠٠٠ وات.

(١)- الرياح العاصفة (Gale winds): هي الرياح التي يزيد متوسط سرعتها علي ٦٣ كم

(١)- التناضح العكسي: إحدى الطرق المُستخدمة لإزالة ملوحة مياه البحر، والتناضح Osmosis عملية طبيعية يتم بها سريان الماء خلال غشاء شبة منفذ من الجانب الذي يحتوي علي محلول ملحي مخفف إلي الجانب الذي يحتوي علي محلول ملحي مركز، وتستمر العملية حتى يصل الفرق في المنسوب علي جانبي الغشاء لمنسوب معين يسمي منسوب التناضح، وعندها تتوقف العملية، وإذا ما وقع ضغط علي المحلول الملحي المركز أكبر من ضغط التناضح؛ فإن اتجاه السريان ينعكس، ويتزايد تركيز المحلول الملحي، بينما تمر المياه العذبة إلي الجانب الآخر، ومن هنا تأتي تسمية التناضح العكسي (محمد منير مجاهد، ٢٠٠٢م، ص٣٨٤).

(١)- المُبادل الحراري: هو مكوّن يُستخدم لتغيير درجة حرارة الموائع، وذلك عن طريق تمريرها في أنابيب تتخلل وسط آخر، ويكون الوسط الآخر عالي الحرارة إذا أردنا رفع درجة حرارة السائل المرغوب رفع حرارته. كما يمكن تبريد السائل المطلوب تبريده بتمريره في أنابيب تمر في وسط آخر درجة حرارته منخفضة. وعملية انتقال الحرارة من وسط إلى وسط آخر تُسمي تبادل حراري، أما الجهاز الذي تتم فيه هذه العملية يُسمى مُبادل حراري (http://ar.wikipedia.org/wiki).

(١)- البحث عن الأصل اللغوي لكلمة (كُراعُ) في لسان العرب لابن منظور أتضح أنها كانت تُطلق على مستدق الساق (العاري من اللحم) من الغنم أو البقر، وتتميز البحيرة بوجود أعداد كبيرة من قطعان الجمال، والتي كانت السبب الرئيس وراء تناقص مساحات أشجار المانجروف بمنطقة البحيرة في الوقت الراهن (طارق كامل خميس، ٢٠١٤م، ص٥٩٣).

(١)- اللاجون: مُسطح مائي صغير بجوار شاطئ البحر يقع خلف جزيرة حاجزية ، أو شعب مرجانية.coral reef.