### مستقبل الطاقة المتجددة في مصر

### أ.د. سعيد أحمد عبده\*

#### المقدمة:

إن العالم اليوم في موقف يحسد عليه ما بين توفير الطاقة الكافية لسكان هذا الكوكب ومكافحة تغير المناخ يقول "إيان لووى (Ian Lowe) إن تغير المناخ لا يمكن أن يعالج إلاباستخدام مصادر الطاقة المتجددة" في حين يحاول "بارى بروك (BarryBrook) بأن الطاقة النووية تقدم البديل الوحيد لملء فجوة الطاقة التي على وشك الحدوث" (لووى، بروك، ٢٠١١، ص ٤٤).

ولمواجهة هذا الموقف، فقد خطى العالم خطوات واسعة فى استخدام الطاقات المتجددة، فقد بلغ إجمالى قيمة الإستثمار العالمى للطاقات المتجددة نحو ١٤٨.٤ من مليار دولار فى عام ٢٠٠٧ (والد، ٢٠١٠، ص ١٤)، شكلت ما بين ٢٠-٢% من إجمالى الإستثمارات فى القطاع العالمى للطاقة (بود مان، ٢٠٠٦، ص ٥).

<sup>\*</sup> قسم الجغرافيا - كلية البنات للآداب والعلوم والتربية (جامعة عين شمس).

وفى مصر تتنوع مصادر الطاقة ما بين المصادر الأحفورية (الفحم، البترول، الغاز الطبيعى) والطاقة المتجددة (طاقة الرياح، الطاقة الشمسية) وقد خطت مصر خطوات واسعة فى مجال إنتاج الكهرباء من مصادر الطاقة المتجددة لمواجهة العجز فى المصادر الأخرى، وإزدياد متطلبات التنمية المستدامة. وتجسد ذلك بصفة خاصة فى إقامة محطات لإنتاج الكهرباء من طاقة الرياح التى تتسم بالتركز الجغرافى فى منطقة غرب خليج السويس والتى أصبحت "الإقليم المثالى لمزارع الرياح" فى مصر ولا تزال الطاقة الكهروشمسية فى مراحلها الأولى. ممثلة فى محطة الكريمات التى تستخدم المركزات الشمسية، وكذلك فى استخدام الخلايا الشمسية خاصة فى المناطق الصحراوية النائية البعيدة عن الشبكة القومية للكهرباء. وتم اختيار موضوع الدراسة لعدة أسباب من أهمها ما يلى:

- 1. تأتى هذه الدراسة مختلفة عن سابقتها في البعدين الزماني والمكاني، فهي بمثابة استشراف لمستقبل الطاقة المتجددة في مصر في ظل المتغيرات الإقليمية والعالمية المتسارعة.
- رصد الجهود التى بذلتها الدولة فى مجال إستغلال موارد الطاقة الطبيعية المتجددة ومحاولة رسم خريطة مستقبلية لها وربطها بمشروعات التتمية المستدامة.
- ٣. الإستفادة من موارد الطاقة المتجددة لتخفيف الضغط على المصادر التقليدية للطاقة الأحفورية (البترول والغاز الطبيعي) ومحاولة توفير هذه المشتقات البترولية لاستخدامها في الصناعات البتروكيماوية والحفاظ عليها للأجيال القادمة خاصة إن إحتياطيات هذه المصادر محدودة وفانية.
- ٤. أهمية إستثمار موقع مصر الفلكى (تمتد الأراضي المصرية بين دائرتى عرض المحدية إستثمار موقع مصر الفلكى (تمتد الأراضي المصرية بين دائرتى عرض ٢٢°، ٣٠ ٥ ٣٠ ٥ ٣٠ ٥ درجة عرضية) فهى تقع فى قلب "الحزام الشمسى العالمى" وهى ميزة نسبية لموقع مصر العبقرى مما جعلها من أكثر دول العالم تمتعاً بطاقتى الشمس والرياح.

محاولة الحفاظ على البيئة من التلويث والتقليل من التغيرات المناخية من خلال المساهمة في الحد من إنبعاث الغازات الضارة الناتجة من الوقود الأحفوري في ظل التوجه العالمي للحفاظ على البيئة.

ولمعالجة موضوعات هذه الدراسة، إستخدمت بعض المداخل منها المدخل التاريخي المعالجة موضوعات هذه الدراسة تطورية لتؤكد ضرورة دخول مصر عصر الطاقة المتجددة في ظل المتغيرات العالمية المتسارعة. كما إستخدم مدخل إقتصاديات الطاقة الطاقة Energy Economics Approach والذي يهتم بدراسة إقتصاديات مصادر الطاقة المتجددة، لمعرفة خصائصها الإقتصادية والتي تؤهلها لمنافسة مصادر الطاقة الأحفورية وكذلك عوامل توطنها في مصر (عبده، ١٩٩٩، ص ٢٠) كما إستخدم المدخل الإقليميي Regional Approach الذي يوضح التباين المكاني بين أقاليم مصر الجغرافية.

ولتحقيق الهدف من هذه الدراسة، فقد تضمنت عدداً من الموضوعات الموضحة لأبعاد هذه القضية التي تم تبويبها في مقدمة وأربعة مباحث وخاتمة. فالمقدمة تهدف إلى التعريف بموضوع الدراسة وأهميته، ومداخل البحث. ويتضمن المبحث الأول لمحة تعريفية بمفهوم الطاقة المتجددة بلغة سهلة كمدخل تمهيدي التعرف على ماهيتها. ويناقش المبحث الثاني تاريخ استخدام الطاقة المتجددة وتطورها في مصر، كما تعرض لمبررات دخول مصر عصر الطاقة المتجددة. ويعالج المبحث الثالث الإمكانات الحالية لمصادر الطاقة المتجددة في مصر (وخاصة الطاقة الشمسية وطاقة الرياح) فهما يمثلان معاً الطاقة الأمل والواعدة خلال القرن الحادي والعشرين والذي يمكن تسميته بـ "قرن الطاقة المتجددة". ويناقش المبحث الرابع نظرة مستقبلية في محاولة لإستشراف الإتجاهات المستقبلية لتقنيات الطاقة المتجددة في مصر.

هذا وقد زيلت الدراسة بخاتمة تضمنت أهم نتائج الدراسة وما أفرزته من توصيات علمية قابلة للتطبيق بما يحقق حدوث طفرة إنتاجية كبيرة للطاقة المتجددة بما يعظم من أمن الطاقة بصورة مستدامة.

# المبحث الأول

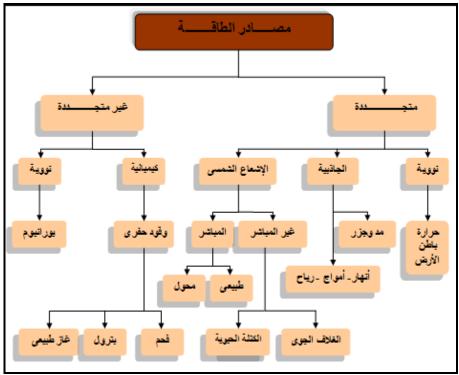
#### مفهوم الطاقة المتجددة

يمكن تصنيف مصادر الطاقة إلى مجموعتين رئيسيتين (شكل ١) هما: 
Non Renewable Energy "المؤقتة" المؤقتة "

وهى طاقة من خلال طبيعة تكوينها الجيولوجي توجد في البيئة الطبيعية على هيئة رصيد "إحتياطي" محدود بكميات معينة تم تكوينه عبر ملايين السنين، ومن ثم فإن ما يستخرج من هذا الرصيد يصعب تعويضه خلال عمر البشرية المحدود . ومن هذا المنطلق تعتبر طاقة معرضة لخطر النضوب والنفاد خلال فترة زمنية معينة يحكمها في المقام الأول كمية الرصيد "الإحتياطي " القابل للإستغلال من جهة ومعدل الإنتاج السنوي من جهة أخرى. وتتمثل هذه الطاقة غير المتجددة في مصادر الطاقة الأحفورية Fossil Energy ممثلة في كل من الفحم والنفط والغاز الطبيعي، إضافة إلى الطاقة النووية. Nuclear Energy التي تعتمد على مواد خام طبيعية محددة بكمية معينة والمتمثلة أساساً في اليورانيوم الذي يتم تخصييه وإستخدامه في المفاعلات النووية. الإنتاج كميات كبيرة من الطاقة الكهرونووية.

وتمثل مصادر الطاقة غير المتجددة أخطر مصادر الطاقة تلويثاً للبيئة Polluted Energy، والتي باتت مشكلاتها تهدد مستقبل الحياة على سطح الأرض، نذكر من هذه المشكلات – على سبيل المثال – مشكلة الإحتباس الحراري العالمي Global Heating، ومشكلة الأمطار الحمضية Acid Rains ومشكلة الضبخان (الضباب الدخاني) Smog وخاصة في المناطق الصناعية وظهور كثير من

الأمراض وتدهور التنوع البيولوجى النباتى والحيوانى Biodiversity Depletion. وتعد هذه المجموعة هى الأكثر إستغلالاً سواء كان على المستوى المحلى (مصر) أم العالمي.



المصدر: . Chapman, 1989, p. 4.

شكل (١): تصنيف مصادر الطاقة.

# : Renewable Energy "المستدامة (٢

أصبح مفهوم الطاقة المتجددة من المفاهيم الشائعة في جغرافية الطاقة في الوقت الراهن، وهي طاقة تتجدد طبيعياً وبصورة تلقائية ذاتية على مدار الساعة، بما يعطيها صفة التجديد والإستمرار وهي سمة إستراتيجية غاية في الأهمية لصالح مستقبل البشرية،حيث تحقق لها أمن الطاقة المتواصل "المستدام" لصالح كل مظاهر الحياة

ولحساب التنمية المستدامة. ومن ثم فإن الطاقة المتجددة تعد بحق الطاقة الأمل والواعدة في صمام الأمان لمصر لتفادى تداعيات مأزق نضوب الطاقة النفطية المتوقع خلال القرن الحالى.

وتتمثل مصادر الطاقة المتجددة "المستدامة" في كل من الطاقة المائية الطبيعية الشلالات"، والإصطناعية "السدود" التي تقام على محاور الأنهار، والأخيرة طاقة متوافرة في والإصطناعية "السدود" التي تقام على محاور الأنهار، والأخيرة طاقة متوافرة في مصر متمثلة في محطتي خزان أسوان والسد العالى، وبعض القناطر المقامة على النيل،إضافة إلى طاقة المد والجزر Energy التي تعتمد على إستغلال فرق المنسوب بين مستوى مياه المد "مستوى عالى" ومستوى مياه الجزر "مستوى ملقة الأمواج Solar Energy والطاقة الشمسية Solar Energy التي يطلق عليها "أم الطاقات" والطاقة الريحية Wind Energy، والطاقة الريحية وحديلة المتجددة "الطاقة الخرارية الأرضية وهي الطاقة الآمنة بيئياً، ومن ثم يطلق عليها "الطاقة صديقة البيئة"، إذ لا ينجم عن إستخدامها أي ملوثات ضارة يطلق عليها "الطاقة صديقة البيئة"، إذ لا ينجم عن إستخدامها أي ملوثات ضارة بالمنظومة البيئية المتجددة (جيفرس، ٢٠١٠، ص ٢٠).

ورغم توافر مصادر الطاقة المتجددة في البيئة الطبيعية بكميات كبيرة إلا أنها لم تستغل بعد أو مستغلة على نطاق محدود جداً وبعضها ينتظر التقدم التكنولوجي مستقبلاً. ويبلغ حصة مجموع هذه الطاقات ما نسبته ٠٠٠% من إجمالي الطاقة المستغلة عالمياً (World Energy Council, 1998, p. 1) ومن ثم يمكن القول أنها تعتبر طاقة بكر "Virgin Energy" أو "طاقة خام" Raw Energy مما يعطيها وضعاً متميزاً وملحاً في سوق الطاقة العالمي في المستقبل وبخاصة في حقبة ما بعد نضوب الطاقة

النفطية، فهى البديل الأمثل لتتواصل برامج التنمية العالمية الشاملة بصفة مستدامة، كما تحقق أمن الطاقة المستدام، وهو أمر لا غنى عنه لمصر.

يتضح من العرض السابق لمفهوم الطاقة المتجددة،أنه يعنى المصادر الطبيعية التى لاتنصب مع مرور الزمن، أو تغنى إقتصادياً – هذا على الرغم من أنها متغيرة ومتقطعة وغير مستمرة – وليس لها أى آثار بيئية ضارة تذكر، وسيؤدى استغلالها إلى إنتشار جغرافي واسع للطاقة. ومعظم مصادر الطاقة المتجددة ذات كثافة منخفضة، بمعنى أن كمية الطاقة المتوفرة في المتر المربع صغيرة نسبياً (مجلس الشوري، د.ت، ٣). وتتنوع مصادر الطاقة المتجددة من دولة لأخرى، بالإضافة إلى تباين الكميات التى تمتلكها كل دولة من هذه المصادر، كما تتباين التقنيات التى توفر الطاقة المتجددة بأشكالها المختلفة من مصادرها المتنوعة.

وسوف تقتصر هذه الدراسة على الطاقة المتجددة نظراً لأن مصر تمتلك إمكانات هائلة منها.

#### المبحث الثاني

تاريخ استخدام الطاقة المتجددة وتطورها في مصر

يتاول هذا المبحث تاريخ استخدام الطاقة المتجددة، ثم مبررات دخول مصر عصر الطاقة المتجددة.

أولاً: تاريخ استخدام الطاقة المتجددة في مصر.

دخلت مصر عصر استخدام الطاقة المتجددة في النصف الثاني من القرن العشرين، ثم تطور هذا الاستخدام مع نمو البلاد وتطورها. ويمكن تقسيم هذا التطور إلى مرحلتين رئيسيتين هما:

# ١) المرحلة الأولى (ماقبل عام ١٩٨٦): الإرهاصات الأولى.

بدأ الاهتمام المنهجي باستخدام الطاقة المتجددة في مصر في عقد الخمسينيات من القرن العشرين وكانت البداية حينما قامت هيئة تعمير الصحاري يإنشاء بعض محطات لرفع المياه من الآبار باستخدام طاقة الرياح لخدمة سكان منطقة الساحل الشمالي الممتدة من المربوطية إلى مرسى مطروح في عام ١٩٥٠ (سعد، ١٩٩٤، ص ١٠٠). وفي نهاية عقد الخمسينيات تم إنشاء معمل الطاقات الشمسية كأحد معامل المركز القومي للبحوث المتخصصة (مجاهد وآخرون، ٢٠٠٢، ص ٣١٧).

وزاد الاهتمام بمصادر الطاقة الجديدة والمتجددة منذ وقوع أزمة البترول نتيجة حرب أكتوبر عام ١٩٧٣، وإستخدامه كسلاح إستراتيجي وغلق قناة السويس. وكان إهتمام وزارة الكهرباء والطاقة باستخدام مصادر الطاقة الجديدة والمتجددة منذ النصف الثاني للسبعينيات، بينما بدأ تنفيذ مشروعاتها منذ عام ١٩٧٨ (مجاهد وآخرون، ٢٠٠٧، ص ٣١٧).

ومع بداية الثمانينات أدركت الحكومة المصرية أن مصادر الطاقة الأحفورية المهددة بالنضوب لن تفى بإحتياجاتها المستقبلية، حيث لا تتمتع مصر بميزة نسبية فى وفرة المصادر التقليدية للطاقة بحكم ندرة هذه الموارد بالنسبة للوفاء بإحتياجات التتمية المستقبلية، بينما تمتلك ميزة نسبية أخرى فى وفرة مصادر الطاقة المتجددة بحكم موقعها الجغرافى (عبدالله، ١٩٩٢، ص ١٠٤). (تتفوق الجغرافيا على الجيولوجيا أحياناً)

وقد أسفر هذا الاهتمامعن قيام وزارة الكهرباء والطاقة بالتعاون مع كافة الجهات المهتمة بالطاقة المتجددة في بداية الثمانينات (١٩٨٢) بوضع إستراتيجية قومية للاستخدام الأمثل لمصادر الطاقة المتجددة حتى عام ٢٠٠٠، أخذاً في الإعتبار تتويع مصادر الطاقة، وترشيد استخدام وإستهلاك الطاقة، والتوسع في استخدام مصادر الطاقة المتجددة كأحد عناصر توفير مصادر الطاقة.

# ٢) المرحلة الثانية (١٩٨٦ – ٢٠١١): إنشاء هيئة الطاقة الجديدة والمتجددة.

يعد عام ١٩٨٦ علامة فارقة في تاريخ الطاقة الجديدة والمتجددة في مصر. فقد أسفرت التطورات المتسارعة لأنشطة الطاقة المتجددة التي شهدناها في المرحلة السابقة عن إنشاء هيئة الطاقة الجديدة والمتجددة في منتصف عام ١٩٨٦ (هيئة الطاقة الجديدة والمتجددة، ٢٠٠٨/٢٠٠٧، ص ٦) كهيئة متخصصة تابعة لوزارة الكهرباء والطاقة، وذلك لتختص بتنمية وإستخدام مصادر الطاقة المتجددة وتطوير وتطويع تقنياتها للظروف المحلية، مع تعميق القدرات المحلية لإنتاج وتصنيع وتطوير وإستخدام معداتها في المجالات التطبيقية المختلفة للمساهمة في الحد من إستهلاك الوقود البترولي، وبالتالي حماية البيئة من التلوث، وبحيث تقدم هيئة الطاقة الجديدة والمتجددة الإطار المؤسسي والتنظيمي لتطبيق إستراتيجية الطاقة الجديدة والمتجددة وبحيث تمثل بؤرة الجهود المبذولة على المستوى القومي لتطوير تكنولوجيات الطاقة المتجددة وعلى رأسها توليد الكهرباء في

مختلف الجهات بهدف نشرها في مصر على المستوى التجاري وينبغى التأكيد على أن ذلك لايعنى إحتكار أنشطة الطاقة المتجددة، وإنما التسيق بينها لدعم تحقيق الهدف الأساسي لنشر إستخداماتها على النطاق التجاري في مصر.

وقامت هيئة الطاقة الجديدة والمتجددة في إطار سعيها لتطبيق إستراتيجية الطاقة المتجددة بمراجعة هذه الإستراتيجية بصفة دورية لتعكس مستوى تطور تكنولوجيات الطاقة المتجددة وإقتصادياتها بالمقارنة بالطاقة التقليدية المنافسة، وأيضاً لتعكس إحتياجات مصر وأولوياتها المختلفة المتغيرة.

وكان هدف هذه الإستراتيجية خلال عام ١٩٨٢ توفير ٣-٥% من إحتياجات مصر من الطاقة الأولية في الفترة (٢٠٠٠-٢٠٠٥).

وقد أقر المجلس الأعلى للطاقة الإستراتيجية المصرية للطاقة الكهربائية في فبراير عام ٢٠٠٨ التي تعتمد على تتويع مصادر إنتاجها والتوسع في استخدام مصادر الطاقة المتجددة كأحد عناصر توفير مصادر الطاقة، وتهدف هذه الإستراتيجية إلى مساهمة الطاقات المتجددة بنسبة ٢٠٠ من إجمالي الطاقة الكهربائية المولدة بحلول عام ٢٠٢٠ تساهم طاقة الرياح بنسبة ٢١٠، بالإضافة إلى مساهمات متعددة للطاقة المتجددة في تطبيقات أخرى على رأسها توليد الكهرباء من الطاقتين المائية والشمسية (هيئة الطاقة الجديدة والمتجددة، ٢٠٠٨/٢٠٠٠).

نخلص مما تقدم أنه حدث تطور ملموس في استخدام الطاقة المتجددة في مصر وكانت البداية متواضعة قبل عام ١٩٨٦ ثم أخذت تتسارع وتيرتها بعد إنشاء هيئة الطاقة الجديدة والمتجددة في عام ١٩٨٦ التي خطت بهذه الصناعة خطوات كبيرة خاصة في السنوات العشر الأولى من القرن الحادي والعشرين وبشكل واضح في مجال توليد الكهرباء من طاقتي الرياح والشمس ويعزى هذا الاهتمام المتزايد أخيراً بالبيئة والتلويث الناتج عن حرق

الوقود النقليدى والإتفاقيات المتلاحقة للحد من إنبعاث غازات الإحتباس الحرارى والتى تمت ترجمتها لبرامج تطبيقية فعلية مثل آلية النتمية النظيفة (كابون لى، مايونج، ٢٠٠٤، ص ٥٥) وهو ما يؤكد أن مستقبل الطاقة المتجددة فى مصر وفى العالم كله، سوف يرتبط إلى حد بعيد بدرجة الاهتمام العالمي بالبيئة ومنع التلوث.

### ثانياً: مبررات الدخول إلى عصر الطاقة المتجددة.

تعد مصر من الدول الرائدة في مجال الطاقة المتجددة في العالم العربي، وهي مرشحة للمزيد من النقدم، وهناك العديد من المبررات التي تحتم على مصر الدخول في عصر الطاقة المتجددة والبحث عن مصادر بديلة للطاقة التقليدية المهددة بالنضوب (الفحم، البترول، الغاز الطبيعي) وقد تكون هذه المبررات إقتصادية، إلية من أهمها ما يلي:

### أ- مبررات إقتصادية:

- 1. نظراً لمحدودية إنتاج مصر من الوقود الأحفورى الذى يعد حجر الزاوية فى إنتاج الكهرباء فى الوقت الراهن، خاصة فى ظل نتامى الطلب على الكهرباء، الأمر الذى يتطلب معه البحث عن مصادر للطاقة أكثر إستدامة، وأقل تلويثاً للبيئة لتلبية هذه الإحتياجات خاصة إن المصادر الأحفورية قابلة للنضوب. وهو مبرر إقتصادى قوى للتحول نحو مصادر الطاقة المتجددة.
- ٢. التكلفة الإقتصادية العالية لاستخدام الطاقة الأحفورية خاصة فى ظل سياسة الدعم للطاقة التقليدية فى مصر، حيث وصل إجمالى دعم المنتجات البترولية إلى ٦٢.٣ مليار جنيه والذى إستحوذ على ٦٢.٧% من إجمالى قيمة الدعم فى مصر عام ٢٠١١/٢٠١٠ (فاروق، ٢٠١١) وهو رقم كبير جداً يرهق ميزانية الدولة.

٣. تراجع الإحتياطيات المتوافرة في مصر من البترول والغاز الطبيعي، وتوقع نضوبها إذا لم يتم إكتشاف كميات إضافية في المرحلة المقبلة (عبده، ٢٠٠٩، ص ١٤).

- تزاید معدلات إستهلاك الكهرباء فی الوقت الراهن، والذی یصل إلی ۸.۳% سنویاً تقریباً وزیادة دورها فی مجالات النتمیة المستدامة (عبده، ۲۰۰۹، ص
   مما یبرر البحث عن مصادر بدیلة للكهرباء مثل الطاقة الشمسیة وطاقة الریاح لمواجهة متطلبات النتمیة المتواصلة (المستدامة).
- تذبذب أسعار البترول عالمياً وإرتفاعه إلى أرقام قياسية حتى وصل إلى نحو ١٤٧ دولار في منتصف عام ٢٠٠٨، ومن المتوقع إرتفاعه مستقبلاً خاصة بعد إندلاع الثورات الشعبية في الدول العربية (تونس، مصر، ليبيا، سوريا، اليمن) مع بداية عام ٢٠١١ (الربيع العربي).
- 7. إمكانية تعظيم الإستفادة من قيمة النفط والغازالطبيعي من خلال إستخدامها في الصناعة وخاصة الصناعات البتروكيماوية، بدلاً من إستهلاكها في توليد الكهرباء أو تصديرهما للخارج وتوفير العملات الحرة والتي تصب في صالح الميزان التجاري للبلاد.
- ٧. الحفاظ على حق الأجيال القادمة من ثروات مصر الطبيعية، بدلاً من إستهلاكها فى توليد إنتاج الكهرباء، طالما أن هناك مصادر بديلة أخرى يمكن إستخدامها فى هذا المجال.
- ٨. موقع مصر الجغرافي العبقري في قلب الحزام الشمسي العالمي، فقد حباها الله بموارد طاقة طبيعية متجددة بإمكانات هائلة مثل طاقتي الشمس والرياح.

### ب- مبررات سياسية:

 ا. تتويع مصاد الطاقة في مصر من شأنه تأمين مصادر الطاقة (بترول، غازطبيعي، كهرباء، طاقة رياح، طاقة شمسية، طاقة الكتلة الحيوية ومستقبلاً إضافة الطاقة النووية، وكهرباء منخفض القطارة إلى مزيج الطاقة في مصر) وزيادة فرص نجاح سياسة الطاقة في مصر وهي جزء أساسي من قضية أمن مصر القومي.

٢. هناك العديد من المتغيرات الإقليمية والعالمية التي تحتم على مصر أن تعيد النظر في سياستها تجاه استخدام مصادر الطاقة المتجددة فقد بدأت بعض الدول العربية الدخول في عصر الطاقة المتجددة وقطعت فيه خطوات حقيقية مثل السعودية والإمارات والكويت والأردن وغيرها، ويستلزم ذلك من مصر أن تواكب تكنولوجيا الطاقة المتجددة بسرعة.

### ج- مبررات بيئية:

أحد المبرررات الهامة في دخول مصر عصر الطاقة المتجددة هو ما تتمتع به مصادر الطاقة التقليدية. من أهم هذه المميزات ما يلي:

- 1. أنها طاقة متجددة وغير مهددة بالنضوب.
- ٢. أنها طاقة نظيفة لايترتب عليها أى تلويث بيئى، ويحقق وفراً فى الوقود، تحقق خفضاً فى الإنبعاثات من غاز ثانى أكسيد الكربون المسبب لظاهرة الإحتباس الحرارى، وهو أمر يتطلب سرعة علاجه والحفاظ على البيئة ومصر هى جزء من المنظومة المناخية العالمية وهذه التغيرات ستؤثر عليها بالضرورة (ماسلين، ١٨٠).

يتضح مما سبق أن دخول مصر عصر الطاقة المتجددة له مبرراته العديدة ويأتى كخيار حتمى لتنويع مصادر الطاقة فى ظل المتغيرات الإقليمية والعالمية الجديدة.

### المبحث الثالث

#### الإمكانات الحالية للطاقة المتجددة في مصر

تتوافر في مصر مصادر طاقة متجددة متنوعة ممثلة أساساً في الطاقة الشمسية والطاقة الريحية كطاقات واعدة.

#### أولاً: الطاقة الكهروشمسية Solar Energy:

تعتبر مصر من أغنى دول العالم تمتعاً بالإشعاع الشمسى، حيث تقع في منطقة "الحزام الشمسى العالمي" بين خطى عرض ٢٢ °، ٣٣ شمالاً بالإضافة إلى أن جفاف المناخ والسماء الصافية في أغلب أيام السنة يساعد على إمكانية الإستفادة من الطاقة الشمسية كمصدر متجدد ونظيف بيئياً.

وقد أثبتت الدراسات والقياسات التي أجريت على كافة المناطق في مصر أن كثافة الإشعاع الشمسي الكلي على سطح أفقي تتراوح بين (٣٧٥٠-٤٢٥) كيلو كالوري/متر مربع/يومياً في فصل الشتاء، بينما تتراوح بين (٣٧٥٠-٧٤٠) كيلو كالوري/متر مربع /يومياً على مدار العام. ويرتبط ذلك بعدد ساعات سطوع الشمس على المناطق المختلفة والتي تتراوح بين (٩-١١ ساعة) يومياً في فصل الصيف، وتقل عن ذلك في فصل الشتاء (الجهاز المركزي للتعبئة العامة والإحصاء، ٢٠٠٩، ص ١٥).

ويوضح الجدول رقم (١)، المتوسطات الشهرية لعدد ساعات سطوع الشمس اليومي في بعض مواقع محطات الرصد بمصر.

جدول (١) : المتوسطات الشهرية لعدد ساعات سطوع الشمس في اليوم على بعض مواقع محطات الأرصاد الجوية في مصر.

	٦٠,٦	١٠,٧	1.,5	١٠,٧	۹,۸	۹,٥	۹,٧	۹,٥	۹,٧	۹,۲	۹,۳	۹,٥	المتوسط السنوى
<	۹,٦	۹,۱	۸,۲	۹,٥	٧,٧	٧,٦	٧,٢	۲,>	۲,٦	۲,۲	٦,٤	۲,۸	ديسمبر
۲,۰	۹,٦	۹,۱	۹,۲	۹,۹	۸,٥	۸,۲	۶,۲	>	۸,۱	٧,٢	>	۸, ٤	نوفمبر
٩,٣	1.,0	1.,5	1.,1	7 . , 7	۹,۸	۹,٤	۹,٥	۹,٧	۹,٧	۹,٦	۸,۹	۹,۲	أكتوبر
۹,۲	1.,9	11,7	١٠,٨	1	1.,0	۹,٥	١٠,٧	١٠,٥	١٠,٧	1.,4	1.,0	1 • , ٦	سبتمير
٦,٩	1,11	17,1	17	17	11,0	11,5	11,5	11,7	11,9	11,4	11,9	1,71	أغسطس
۹,۹	14,4	14,4	14,7	17,5	14	11,8	14	14,1	14,4	14	14,1	17,1	يوثيو
<i>:</i>	14,5	14,4	14,0	14,4	14,4	11,9	11,0	14,1	17,0	11,4	11,7	14,4	يونيو
1.,7	11,4	11,0	11,5	11,0	11,7	۱۱,۲	11	11,7	11,5	١٠,٦	١٠,٦	١٠,٨	مايو
1.,4	١٠,٦	1.,1	1.,1	1.,5	۹,٦	۸,۹	۹,۹	۹,۱	۹,٧	۹,۱	م	٩	أبريل
۹,۶	۹,٤	۹,٧	۹,٥	1.,4	۸,۸	۸,٦	۸,٧	۸, ٤	۸, ٤	۸,۲	٧,٩	٧,٩	مارس
>,	۹,۲	۹,٧	۹,٤	۹,٧	۸,۲	٧,>	>,1	<b>&lt;,&gt;</b>	۸,٣	<b>&lt;,&gt;</b>	٧,٧	٧,٧	فبراير
<b>,</b> <	۹,٤	۹,٤	>,<	۹, ۱	<b>&lt;,&gt;</b>	٧,٦	۲, ۲ ۲	<	٧,٢	۲,٤	۲,۹	٦,٩	نیا
العوينات	أسوان	الغردقة	المنيا	الخارجة	الجيزة	الماظة	طنطا	بورسعيد	دمياط	إسكندرية	مرسى مطروح	سیدی برانی	محظة الرصد

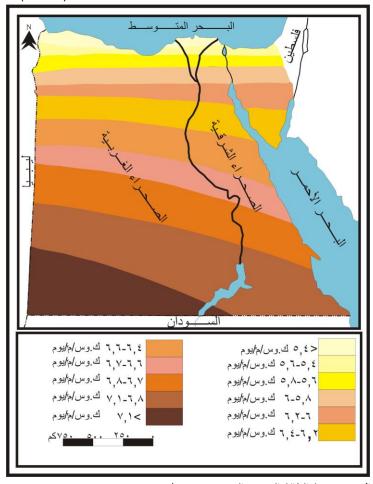
المصدر: مجاهد وآخرون، ۲۰۰۲، ص ٥١.

### ويمكن تلخيص أهم ما أسفرت عنه الدراسات فيما يلى:

ا. تتلقى معظم أرجاء مصر بداية من القاهرة وحتى أقصى الجنوب إشعاعاً شمسياً مباشراً يتجاوز ٧ كيلووات ساعة/متر مربع/يوم، بينما يصل عدد ساعات سطوع الشمس إلى ما يتجاوز ٤٠٠٠ ساعة سنوياً. وتعد هذه الأرقام من أعلى المعدلات على مستوى العالم. وتقل الأيام التي تظهر فيها السحب أغلب ساعات النهار عن عشرين يوم في العام. ويتزايد الإشعاع الشمسي الكلى من الشمال إلى الجنوب، حيث تبلغ قيمته ٥ كيلووات ساعة/متر مربع/يوم في أقصى جنوب البلاد.

- '. تصل قيمة الإشعاع الشمسى المتشتت إلى أعلى قيمة له فى أقصى شمال مصر، حيث تتجاوز ٢ كيلووات ساعة/مترمربع/يوم، أى ما يصل إلى ٤٠% من قيمة الإشعاع الشمسى الكلى هناك. وهو أمر لايمكن إغفاله عند إقامة منظومات شمسية فى هذه المناطق، بينما ينخفض الإشعاع الشمسى المتشتت إلى نحو ٢٠% فقط فى أقصى جنوب البلاد.
- ٣. يتراوح المتوسط السنوى لعدد ساعات سطوع الشمس في اليوم ما بين ١١-٩
   ساعة في جنوب مصر الصحراوي، وتزيد ساعات سطوع الشمس على ٣٦٠٠
   ساعة سنوياً في معظم أرجاء مصر (Harb, 1978).
- ٤. تصل كمية الإشعاع الشمسى الساقط على مجمل مساحة مصر إلى ما يزيد على ٢٠٠ ضعف الطاقة على ٢٠٠ ضعف الطاقة الكهربائية المولدة في مصر عام ١٩٩٧/١٩٩٦ بأكمله (مجاهد وآخرون، ٢٠٠٢). ص ٥٢).
- ٥. نستطيع أن نتعرف من أرقام الجدول على المتوسط اليومى للإشعاع الشمسى الساقط فى مواقع محطات الرصد بمصر على مدار شهور السنة، ولكنها معدلات قيم عالية يؤكد على دورها فى إنجاح أى مشروعات إستثمارية لإنتاج الطاقة الكهروشمسية على نطاق تجارى كبير، وأن باقى مقومات إنجاح هذه

المشروعات متوافر في مصر. بما يعطى مصر درجة أمان كبيرة في إستغلال الطاقة الشمسية كطاقة بديلة للطاقة النفطية والغاز الطبيعي (شكل ٢).



المصدر: هيئة الطاقة الجديدة والمتجددة، ٢٠٠٨/٢٠٠٧، ص ٤.

. توزيع المتوسطات السنوى للإشعاع الشمسى الكلى على مصر (Y)

# إستخدامات الطاقة الشمسية في مصر:

(11)

تشمل الاستخدامات الحالية للطاقة الشمسية الحرارية في مصر: التسخين الشمسي للأغراض المنزلية والعامة مثل المستشفيات والمعسكرات ... إلخ، بالإضافة إلى التسخين الشمسي للمياه والهواء في العمليات الصناعية لدرجات الحرارة المنخفضة والمتوسطة، وأخيراً استخدام الطاقة الشمسية الحرارية في توليد الطاقة الكهربية. وسوف نستعرض بإيجاز الإستغلال الحالي في توليد الكهرباء.

### إستخدام الطاقة الشمسية في توليد الكهرباء:

تولد الكهرباء من الطاقة الشمسية بطريقتين هما المركزات الشمسية، والخلايا الشمسية.

# أ) محطات الطاقة الكهروشمسية:

تعد تكنولوجيا المركزات الشمسية أكثر التكنولوجيات تطوراً على المستوى العالمى في توليد الكهرباء من الطاقة الشمسية. وقد أنشأت وزارة الكهرباء والطاقة محطة ريادية لتوليد الكهرباء في منطقة الكريمات (تقع شرق النيل إلى الجنوب من محافظة الجيزة) قدرتها ١٤٠ ميجاوات وتعمل بالطاقة الشمسية والغاز الطبيعي، وتبلغ مساهمة الطاقة الشمسية فيها نحو ١٥٠% من الطاقة الحرارية الكلية للمحطة تساهم في توفير حوالي ١٠٠٠٠ طن بترول مكافىء سنوياً وتم ربط هذه المحطة بالشبكة الكهربائية الموحدة. كما يوضحها الجدول رقم (٢).

جدول (٢): القدرة المركبة والطاقة المولدة بمحطة الكريمات الكهروشمسية عام ٢٠٠٩/٢٠٠٨.

الوفر السنوى فى إستهلاك الوقود البترولى	الطاقة المولدة (جيجاوات ساعة/سنة)	القدرة المركبة (ميجاوات)	مكون المحطة
	AIA	17.	المكون الحرارى

	۲۵۸	1 : .	إجمالي المحطة
حوالی ۱۰۰۰۰ طن بترول مکافیء سنویاً	٣٤	۲.	المكون الشمسي

المصدر: هيئة الطاقة الجديدة والمتجددة، ٢٠٠٩/٢٠٠٨، ص ١٨.

وتعتبر محطة الكريمات الكهروشمسية أحد ثلاثة مشروعات يجرى تنفيذها على مستوى قارة إفريقيا في المغرب والجزائر ومصر (تم تشغيلها في نهاية عام ٢٠١٠). ويشارك في إنشاء هذه المحطة ثلاثة جهات هي : الحكومة المصرية، وهيئة المعونة اليابانية ومرفق البيئة العالمي Global Environmental Facility (GEF) وتبلغ تكلفة إنشائها ٢٥٠ مليون دولار.

وتتميز المحطة بإمكانية زيادة قدرتها الإنتاجية مستقبلاً، وإذا كانت تكلفة الإنتاج من الطاقة الشمسية أكثر من تكلفة الإنتاج من طاقة الرياح، فإن التوسع في الإنتاج مستقبلاً من الطاقة الشمسية سيقلص الفارق كثيراً ليصبح قريباً من تكلفة الإنتاج بإستثمار طاقة الرياح. وتبلغ تكلفة إنتاج الطاقة الكهروشمسية حوالي ١١ سنتا/كيلووات ساعة، سوف تنخفض بمرور الوقت لتصل إلى ٤ سنتات (الديب، ٢٠٠٩، ص ٨٤).

# توطن محطة الكريمات الكهروشمسية:

يرجع اختيار منطقة الكريمات موقعاً لهذه المحطة للعوامل التالية:

### ١. الإشعاع الشمسى:

يجب أن يتوافر الحد الأدنى من الإشعاع الشمسى لاستخدامه فى توليد الكهرباء. وتتمتع مصر بتوافر معدلات مرتفعة من الإشعاع الشمسى الكلى تتراوح بين (٥-٧ كيلووات/ساعة/متر مربع/يوم/على مدار العام) كما تتحصر كثافة الإشعاع الشمسى

الجحلد السابع والثمانون مجلة الجمع العلمي المصري

المباشر بين (١٧٠٠–٢٨٠٠ كيلووات ساعة/متر مربع/سنوياً) ويرتبط ذلك بعدد ساعات سطوع الشمس على مناطق مصر المختلفة والتي تتراوح بين (٩-١١ ساعة) في فصل الصيف وتقل عن ذلك في فصل الشتاء مع غطاء سحب منخفض تتواجد بنسبة ١٠-٢٠ على مدار العام (الخياط، ٢٠١٠، ص ١٨) بما يسمح بشكل فعال مع التقنيات الشمسية المتوافرة حالياً. ويتسم موقع محطة الكريمات بشدة إشعاع شمسي مباشر تصل إلى ٢٤٠٠ كيلووات/ساعة/متر مربع/السنة.

### ٢. القرب من موقع الشبكة الكهربائية الموحدة :

يتسم موضع المحطة بأنه مرتبط بالشبكة الكهربائية الموحدة في مصر وبالتالي فهي جزء من نسيج هذه الشبكة وبالتالي تحقق وفورات إقتصادية وتقليل تكاليف نقل الطاقة الكهربائية من هذه المحطة إلى مراكز الإستهلاك وبالتالي فإن ربط المحطة بالشبكة الموحدة سيرفع من إقتصاديات هذا النوع من التوليد وسيساهم بلا شك في إضافة قدرات جديدة لمنظومة الطاقة الكهربائية في مصر.

### ٣. القرب من موقع الشبكة القومية لنقل الغاز الطبيعى :

تقع المحطة على مقربة من خط الأنابيب الرئيسي القاهرة - أسوان بطول ٩٣٠ كيلو متر وهو العمود الفقرى للشبكة القومية لأنابيب نقل الغاز الطبيعي. الذي يغذي المحطة بالوقود اللازم لتشغيلها (المكون الحراري) (الأهرام الإقتصادي، ٢٠١١، ص ۹).

### ٤. القرب من مصدر المياه:

تعد المياه من العوامل التي تؤثر في توطين محطات الكهرباء الحرارية. وتستخدم المياه في أغراض: توليد البخار والتبريد، وأغراض أخرى، ونظراً لضخامة كميات المياه المطلوبة لتوليد البخار ، ولأغراض التبريد، فإن وفرة المياه بالموقع تعد عاملاً حاسماً فى توطين محطات الكهرباء البخارية، ويكفى أن نعرف أن محطة قدرتها المركبة ١٠٠ ميجاوات تحتاج لحوالى ٥ مليون جالون من المياه يومياً (ما يعادل حوالى ٧٠٠٠ طن/ساعة) (عبده، ١٩٧٧، ص ٦٥).

#### ه. الأرض:

### القرب من شبكة البنية الأساسية :

تقع المحطة بالقرب من شبكات البنية الأساسية (المياه، الكهرباء، التليفونات، الطرق، السكك الحديدية، نهر النيل) مما يسهل إحداث مجتمعات عمرانية مناسبة للعاملين في مجال الطاقة المتجددة وتوفير الإحتياجات الأساسية والضرورية، وبالتالي يمكن الحصول على العمالة اللازمة، كما أن المحطة مجاورة لشبكات الطرق الرئيسية فهي على الطريق الرئيسي شرق النيل بين القاهرة وأسوان وكذلك الخط الحديدي الرئيسي بالإضافة إلى مجرى نهر النيل الملاحي مما يساعدعلى إمكانية الوصول للموقع ويكسبه ميزة نسبية ربما لا تتوافر لغيره من المواقع بالإضافة إلى طريق الكريمات – سفاجة الصحراوي الذي يربط نهر النيل بساحل البحر الأحمر.

مما سبق يمكن القول أنه إذا كانت العلوم الهندسية والإقتصادية تتحكم في تصميم وإنشاء وتشغيل المحطات الكهروشمسية، فإن علم الجغرافيا يوجه هذه المحطات إلى المواقع الجغرافية الملائمة لتوطينها وقد ظهر ذلك جلياً في توطين محطة الكريمات الكهروشمسية.

### ب) الخلايا الشمسية الفوتوفولطية (الكهروضوئية) Photovoltic Solar Cell :

تعتبر نظم الخلايا الشمسية الفوتوفولطية أحد أفضل إستخدامات الطاقة الشمسية في المناطق النائية ذات الأحمال الصغيرة والمنازل المتناثرة. ويمكن أن تغذى مدى واسع من الأحمال، فضلاً عن كونها طاقة نظيفة غير ملوثة للبيئة وتعد تكلفة تشغيلها وصيانتها محدودة في ظل عمر إفتراضي يصل إلى ٢٥ سنة.

وقد تم تجربة مختلف الاستخدامات للخلايا الشمسية في مصر ونشر بعضها على مستوى تجارى مثل أغراض الإنارة بأنواعها وضخ المياه وتشغيل وحدات الإتصالات اللاسلكية والتبريد والإعلانات وغيرهامن الاستخدامات. ويتم تنفيذ مشروع الإنارة بواسطة نظم الخلايا الفوتوفولطية بقريتي أم الصغير بواحة الجاره وعين زهرة بواحة سيوة والتابعتين لمركز سيوة بمحافظة مرسى مطروح ولا يوجد إحصاء دقيق عن الحجم الكلي لوحدات الخلايا الشمسية المركبة في مصر ولكن يقدر أنها كانت لتتراوح في عام ١٩٩٩ بين (١٠٥-٢ ميجاوات) تنتج من (١٠٥-٣٦٠) كيلووات ساعة سنوياً. وتعد هذه الأرقام ضئيلة للغاية والسبب الرئيسي لذلك هو تكلفتها العالية مقارنة مع البدائل الأخرى (مجاهد وآخرون، ٢٠٠٢، ص ٥٦).

ومما يؤكد فرص إنجاح أى مشروعات إستثمارية لإستغلال الطاقة الشمسية بمصر وبدرجة كفاءة عالية وبتكلفة أقل نسبياً، أن بعض الدول التى تقع خارج نطاق "الحزام الشمسى" وهى ذات قيم منخفضة كثيراً لمعدلات إشعاعها الشمسى عن مصر. وقد نجحت فى إستثمار طاقتها الشمسية المتواضعة بدرجة متميزة وإحتلت المراكز

الأولى في هذا المجال بما يعطى لمصر دفعة قوية لإستثمار طاقتها الشمسية ذات القيم العالية.

نذكر من هذه الدول المانيا التى نجحت فى تطوير تقنيات إستثمار ما لديها من طاقة شمسية،حيث تمكنت من إضاءة أكثر من ٢٢٠ مدينة المانية بالمصباح الشمسى المعروف محلياً بإسم "سمارت" كما يوجد فى المانيا أطول شارع فى العالم يضاء بالطاقة الكهروشمسية فى مدينة شتوتجارت،إضافة إلى إنارة مبنى "البوندستاج" "البرلمان" وأكبر محطة قطارات فى أوروبا وهى محطة سكة حديد برلين، كما يوجد فى المانيا ٢٥٠٠ شركة فى قطاع الطاقة الشمسية منها ٣٩ شركة تعمل فى تصنيع الخلايا الشمسية الفوتوفولطية (الأهرام المصرية، ٢/١/١).

وفى دراسة للإدارة العامة للطاقة بالإتحاد الأوروبي،أوضحت أن تكلفة الكيلووات ساعة من الكهرباء المولدة بالألواح الكهروشمسية التى تضم مصفوفات من الخلايا الضوئية عند دائرة عرض ٤٢° شمالاً بأوروبا "خارج نطاق الحزام الشمسي" حيث تبلغ قيم معدل الإشعاع الشمسي على المستوى الأفقى حوالي ٤ كيلووات/ساعة/مترمربع/على مدار السنة، تصل التكلفة إلى ٦٦ سنتاً أمريكياً للكيلووات/ساعة، ولو إستخدمت الألواح نفسها عند دائرة العرض ٢٢° شمالاً في منطقة مثل شرق العوينات في جنوب غرب مصر،حيث يبلغ متوسط قيم معدل الإشعاع الشمسي على مدار السنة إلى نحو ٧ كيلووات/ساعة /متر مربع/يوم، فإن تكلفة الكيلووات/ساعة سوف تتخفض كثيراً لتصل إلى ٣٨ سنتاً فقط، كحد أقصى إذا ما كانت المحطة الشمسية نقع على مساحة ٣ كيلومتر مربع وهي تكلفة أقل بنسبة من موقع المهندسين المصريين). وبطبيعة الحال نقل هذه التكلفة كثيراً مع كير مساحة المحطة.

من هذه الدراسة المقارنة لقيم معدلات الإشعاع الشمسى بين مصر وبعض الدول الرائدة حالياً في إستغلال الطاقة الشمسية والتي تقع "خارج نطاق الحزام الشمسي"، يتضح أن مصر تمتلك قدرات وإمكانات هائلة جداً من الطاقة الشمسية بما يسهم في إنجاح أي مشروعات مستقبلية طموحة لإستغلال هذه الطاقة بدرجة كفاءة عالية وبتكلفة إنتاجية أقل بما يجعل الطاقة الكهروشمسية قادرة في المستقبل المنظور على المنافسة في السوق العالمي وبخاصة مع ارتفاعأسعار الطاقة الأحفورية بصورة غير مسبوقة حيث تخطي سعر برميل النفط حاجز ١٤٠ دولاراً عام ٢٠٠٨ (عبده، ٢٠٠٥ ص ١٤) كما يتوقع أن يقفز كثيراً في المستقبل القريب نظراً لموجات التسونامي الثوري التي إجتاحت المنطقة العربية منذ ربيع عام ٢٠١١.

### إقتصاديات الطاقة الكهروشمسية:

تتسم إقتصاديات الطاقة الكهروشمسية بعدد من الخصائص من أهمها ما يلى :

### 1. التكاليف الرأسمالية Capital Costs

ترتفع التكلفة الإستثمارية للمحطات الكهروشمسية وذلك لإرتفاع التكلفة المبدئية أو الرأسمالية للمعدات والمنظومات بصفة رئيسية وذلك بالمقارنة بنظيرتها للطاقة التقليدية والتي تتتج نفس الكمية من الطاقة حيث تصل تكلفة المحطة الكهروشمسية إلى نحو أربعة أو خمسة أضعاف المحطات التقليدية (تستخدم المازوت أو الغاز الطبيعي أو كلاهما معاً) (الخياط، ٢٠١٠، ص ٢٠). ويرجع ذلك للأسباب التالية (مجاهد وآخرون، ٢٠٠٢، ص ٢٦٤):

أ. إنخفاض كثافة الطاقة الشمسية الساقطة على وحدة المساحات الأمر الذى يؤدى الله الإحتياج لمساحات كبيرة من المعدات والأجهزة مثل المجمعات الشمسية، أو مصفوفات الخلايا الفوتوفولطية لتجميع كمية الطاقة المطلوبة مما يرفع تكلفة

منظومات الإستفادة من الطاقة الشمسية وهذا يعنى بالطبع المزيد من التكلفة للأرض والمعدات والأيدى العاملة وغير ذلك.

ب. صغر حجم سوق معدات ومنظومات الطاقة المتجددة على المستوى العالمى والمحلى مقارنة بأسواق معدات ومنظومات الطاقة التقليدية، الأمر الذى يساهم في رفع التكلفة الرأسمالية لمعدات ومنظومات الطاقة الشمسية والمتجددة،بسبب حرمانها من إقتصاديات الحجم الكبير Economies of Scale وهو مايجعل الكثير من المستهلكين يحجمون عن شراء معدات الطاقة المتجددة لإرتفاع أسعارها مما يؤدى إلى صغر حجم الأسواق، بينما يتعلل المنتجون بصغر حجم الأسواق سبباً لإرتفاع الأسعار ويرهنون حدوث إنخفاض مؤثر في الأسعار بإتساع حجم الأسواق.

#### : Running Costs التكاليف الجارية

تنخفض التكاليف الجارية لمنظومات الإستفادة من الطاقة الشمسية لعدم إحتياجها لوقود التشغيل، فهى طاقة شبه مجانية إلا أن المحطات الكهروشمسية تتميز بالإرتفاع النسبى لتكلفة الصيانة Mantainance Cost بصفة أساسية نتيجة الآثار السلبية للبيئة الناجمة عن الأتربة والرمال والملوثات.

#### ٣. تكلفة وحدة الطاقة:

لاتزال تكلفة وحدة الطاقة المولدة (الكيلووات ساعة) باستخدام مصادر الطاقة المتجددة (عامةً والشمسية خاصةً) أكبر من نظيرتها المولدةباستخدام المصادر التقليدية للأسباب التي ذكرناها. وهو ما يجعل الكثير من المستثمرين يحجمون عن الإستثمار في مجال الطاقة الشمسية لإنتاج الطاقة الكهربية خاصة في الدول التي توفر الدعم للوقود الأحفوري ومن بينها مصر. وهو ما يرفع تكلفة الإنتاج من المحطات الكهروشمسية. إلا إن المقارنة بين هذين البديلين يأخذ سعر الوقود

المستخدم فى المحطات الحرارية التقليدية فى الإعتبار مما يحسن موقف المحطات الكهروشمسية التى لا تستخدم وقوداً.

#### ٤. المخاطر الفنية:

تتمثل هذه المخاطر في أن إنتاج الطاقة من المحطات الشمسية يظل مرهوناً بتوافر الإشعاع الشمسي اللازم لرفع درجة حرارة الماء وتحويله إلى بخار يستخدم في توليد الكهرباء من التوربينات البخارية كما أن هذه المحطات تعمل فترة النهار فقط وتتوقف ليلاً نظراً لغياب الإشعاع الشمسي وفي حال التفكير في استخدام منظومات لتخزين الطاقة وتشغيل هذه المحطات مساءً، فإن التكلفة ترتفع بما يضع مخاطر مالية على استخدام هذه التكنولوجيا. حيث أن ارتفاع التكلفة الرأسمالية يرفع بشكل مباشر تكلفة الإنتاج.

#### ٥. السياسة الحكومية:

تهتم العديد من الدول بتوفير الطاقة الكهربية من المصادر الأحفورية وتوفير دعم للوقود المستخدم بما يمثل عائقاً للإستثمار في الطاقات المتجددة بصفة عامة والطاقة الشمسية بصفة خاصة، حيث تكون المقارنة من حيث تكلفة الإنتاج في صالح المحطات التقليدية ذات الوقود المدعم وهو ما يعني ضرورة وجود حوافز للإستثمار في مجال الطاقة الشمسية ومن هذه الحوافز تطبيق قانون تعريفة تغذية الشبكة Feed - in Tariff الذي يهدف إلى أن تحدد الحكومة بالإتفاق مع منتجى الطاقة من مصادر متجددة حافزاً على كل كيلووات ساعة تسدده الحكومة لمشروعات الطاقة البديلة. وعادة ما تختلف التعريفة طبقاً للتكنولوجيا المستخدمة وموقع وعدد سنوات تشغيل المشروع، وهو ما يعني ضمان المنتجين سعراً مجزياً لبيع الكهرباء. كما تدخل أيضاً سياسات إلغاء وتخفيض الضرائب والجمارك المفروضة على معدات ونظم الطاقة المتجددة (الخياط، ۲۰۱۰، ص ۲۰).

### ٦. البنية التحتية للشبكات الكهربية:

(۲٦)

يعد نقص البنية التحتية للشبكات الكهربية في العديد من الدول النامية – ومن بينها مصر – عاملاً مؤثراً في عدم الدفع بتطبيقات الطاقة الشمسية في توليد الكهرباء في هذه الدول حيث تحتاج الشبكة الكهربية إلى وجود بديل يغطى أحمال فترات الليل – حيث لا تعمل محطات الطاقة الشمسية – وأيضاً في فترات الغيوم بالإضافة إلى وجود إحتياطي دوار على الشبكة الكهربية يسمح بتغطية الطلب المفاجيء على الطاقة الكهربية وإجراء الصيانة الدورية في مواعيدها وهو ما يعنى توقف الوحدات – التي تدخل مراحل الصيانة – عن الإنتاج.

ونظراً لأن هذه المتطلبات الفنية تحتاج إلى رؤوس أموال كبيرة. تظل الشبكات الكهربية في الدول النامية في حاجة إلى تنمية وتطوير. ومع هذا توفر عمليات الربط الكهربي بين إمكانية توليد الطاقة الكهربية من المصادر المتجددة، فالإعتماد على الربط الكهربي في حال وجود منظومات متجددة لإنتاج الطاقة الكهربية يعطى هذه المصادر فعالية ودرجة وثوقية أكبر من تلك المحققة في حالة عدم وجود شبكات للربط الكهربي، حيث تساعد شبكة الربط على تعويض الخفض من إنتاج المصادرالمختلفة للطاقة الكهربية سواء كان ذلك بسبب ظواهر جوية (إنخفاض سرعة الرياح – ارتفاعنسبة الغيوم وإنخفاض معدل الإشعاع الشمسي) أم بسبب فني (أعطال أو صيانة دورية).

# ٧. الآثار السلبية للبيئة:

تؤثر البيئة سلبياً على المحطات الكهروشمسية ترتبط في مصر بالتلويث الناتج أساساً عن الأتربة والرمال. وتتطلب منظومات استخدام الطاقة الشمسية تنظيفاً دورياً لإزالة الأتربة والملوثات التي تقلل من آدائها وكفاءتها. ويجب أن يتم ذلك كل أسبوع أو أسبوعين حسب موقع المحطة. وفي حالة حدوث العواصف الرملية والترابية أو الأمطار، يتطلب الأمر إتمام عملية التنظيف المذكور يومياً، الأمر الذي يتطلب

صعود المستهلك بصفة دورية ومكررة لسطح المنزل في حالة السخانات الشمسية لإتمام هذه العملية.

ويترتب على هذه الآثار السلبية للبيئة على المحطات الكهروشمسية في زيادة أعباء الصيانة، ثم الإصلاحات والتي تؤدى لزيادة الأعباء التكنولوجية، ومن ثم ارتفاعتكلفة التشغيل والصيانة، وبالتالي زيادة التكلفة الإقتصادية.

#### ثانياً: الطاقة الكهروريحية Wind Energy:

تعد طاقة الرياح واحدة من أهم مصادر الطاقة المتجددة الرئيسية في العالم، وهي مثل سائر مصادر الطاقة المتجددة، تتميز بإنخفاض كثافة الطاقة المتاحة بالنسبة لوحدات المساحات، إلا أنها تعد أفضل مصادر الطاقة المتجددة من حيث ارتفاعكثافة الطاقة الممكن استغلالها بالنسبة لوحدة المساحات، حيث لاتشغل أبراج توربينات الرياح سوى مساحة صغيرة نسبياً لأن طاقة الرياح يجرى الإستفادة منها في المستوى الرأسي، لذا يعد إستغلال طاقة الرياح أكثر أنواع الطاقة المتجددة منافسة للطاقة التقليدية من الناحية الإقتصادية، إلا أن طاقة الرياح المتوفرة مبعثرة على مساحات واسعة للغاية على سطح الأرض، كما أنها كثيراً ما تتوافر بكميات كبيرة في أماكن يصعب الإستفادة منها مثل توافرها بكميات كبيرة على أسطح كبيرة في أماكن يصعب الإستفادة منها مثل توافرها بكميات كبيرة على أسطح البحار والمحيطات وفي قمم الجبال، مما يخفض إلى حد بعيد ما يمكن الإستفادة من طاقة الرياح المتاحة على سطح الكرة الأرضية كما تعد طاقة نظيفة لاتسبب تلويثاً للبيئة وإن كان لها بعض الآثار السلبية القليلة مثل الضوضاء، وهجرة الطيور، وتشويه المنظر العام للمكان الذي تشغله توربينات الرياح.

وتكنولوجيا طاقة الرياح – مثل سائر تكنولوجيات الطاقات المتجددة الأخرى – لها إستخدامات متعددة من أهمها ضخ المياه، وطحن الحبوب، وتوليد الطاقة الكهربية.

# أ) تطور استخدام طاقة الرياح في مصر:

دخلت مصر عصر الطاقة الكهروريحية في منتصف القرن العشرين، وكانت البداية متواضعة في الساحل الشمالي، ثم بدأت تتطور ويزداد الاهتمام بها بعد إنشاء هيئة الطاقة الجديدة والمتجددة في منتصف الثمانينات والتي أصبحت مشرفة على تنفيذ المحطات الكهروريحية الكبري وخاصة في منطقة غرب خليج السويس، وتبذل الدولة جهوداً كبيرة لتعميم وإنتشار الطاقة الكهروريحية في ربوع مصر المختلفة. ويمكن تقسيم تطور استخدام الطاقة الكهروريحية في مصر إلى المراحل التالية:

# ١- المرحلة الأولى (ما قبل عام ١٩٨٦): البدايات الأولى.

يرجع استخدام طاقة الرياح إلى أقدم العصور، حيث بدأ استغلالها بصورة غير مباشرة منذ حوالى ٥٠٠٠ سنة قبل الميلاد في مصر لتسيير المراكب الشراعية في مجرى نهر النيل.

وكانت بداية الاستخدام الحديث لطاقة الرياح في مصر منذ الخمسينيات، فقد إستخدمت مئات من طواحين الهواء بواسطة البدو لضخ المياه الجوفية من الآبار الرومانية المنتشرة في منطقة الساحل الشمالي وسيناء باستخدام طاقة الرياح (عجوة ٢٠٠٨/٢٠٠٧، ص ٢١).

وبعد حرب أكتوبر عام ١٩٧٣ إبان أزمة الطاقة التقليدية تجدد الاهتمام بطاقة الرياح وتم بناء محطات كهروريحية تصل قدرتها إلى ٢٠٥ ميجاوات، وخلال الفترة (١٩٨٦-١٩٨٦) تم اختيار ١٩ موقعاً جغرافياً لتركيب أجهزة قياس سرعة الرياح على ارتفاعات تتراوح بين ١٠-١٢ متراً منها ٧ مواقع على ساحل البحر الأحمر من أهمها رأس غارب والغردقة، في حين أختير أربعة مواقع فقط على الساحل الشمالي

من أهمها رأس الحكمة بالإضافة لمنطقة شرق العوينات، وستة مواقع بشبه جزيرة سيناء من أهمها شرم الشيخ.

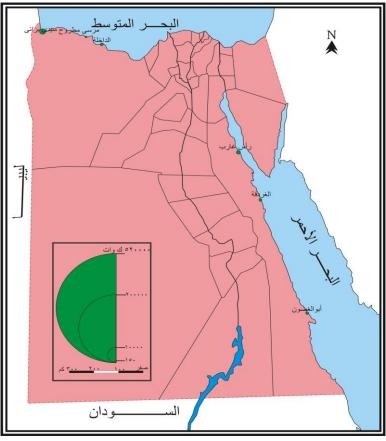
وقد أثبتت الدراسات التي قامت بها وزارة الكهرباء توافر طاقة الرياح اللازمة لاستخدام التطبيقات المختلفة (البسيوني، د. ت، ص ٤).

ويوضح الجدول رقم (٣) توزيع المحطات الكهروريحية في مصر ماقبل عام ١٩٨٦.

جدول (٣): التوزيع الجغرافي للقدرات المركبة بالمحطات الكهروريحية في مصر ما قبل عام ١٩٨٦.

•_ • ti	القدرة الإسمية	الموقع الجغرافي		
الغرض	المركبة (كيلووات)	موقع المحطة	المحافظة	
تحلية المياه بمعدل ۸۰ متر	۲.,	الغردقة		
مكعب/يوم. إنارة عامة.	٤٠٠	رأس غارب	البحر 113	
تشغيل وحدة إنتاج ثلج لحفظ الأسماك بطاقة ٣ طن/يوم.	۲.,	أبو الغصون	الأحمر -	
	۸۰۰	جملة محافظة البحر الأحمر		
تحلية مياه البحر.	١	مدينة مرسى مطروح		
القيادة العسكرية للمنطقة الغربية.	1	سیدی برانی	مرسی مطروح	
إنارة قرية الداخلة.	۲	قرية الداخلة		
	14	جملة محافظة مرسى مطروح		
	۲۱	إجمالى الجمهورية		

المصدر: وزارة الكهرباء، وهيئة الطاقة الجديدة والمتجددة، بيانات غير منشورة، وحسنى:١٩٩٢، ص ٦٩.



المصدر: بيانات الجدول رقم (٣).

شكل (٣): التوزيع الجغرافي للقدرات المركبة بالمحطات الكهروريحية في مصر ما قبل عام ١٩٨٦.

ويتضح من الجدول رقم (٣) والشكل رقم (٣) أن إجمالي القدرات المركبة بالمحطات الكهروريحية في مصر بلغت حوالي ٢٠١٠ كيلووات (٢٠١ ميجاوات) قبل (٣١)

عام ١٩٨٦ كان توزيعها الجغرافي كالتالى: محافظة البحر الأحمر بنسبة ٣٨.١%، محافظة مرسى مطروح بنسبة ٢١.٩% وكانت محطة سيدى برانى أكبر المحطات الكهروريحية آنذاك فقد بلغت قدرتها ١٠٠٠ كيلووات، يليها محطة رأس غارب وقدرتها ٤٠٠٠ كيلووات وجميع المحطات غير متصلة بالشبكة الكهربائية الموحدة في مصر.

نخلص مما سبق أن من أهم سمات تلك المرحلة أن المحطات الكهروريحية في مصر تركزت في محافظتي البحر الأحمر ومرسى مطروح النائيتين نظراً لتوافر الرياح سرعةً وإتجاهاً وهي محطات صغيرة غير مرتبطة بالشبكة القومية وقد أنشئت لتغذية مشروعات صغيرة كتحلية المياه والإنارة العامة، ولا تسهم في إنتاج الكهرباء إلا بنسبة متواضعة ولا يعتمد عليها كثيراً.

### ٢- المرحلة الثانية (١٩٨٦-٢٠١٠): إنشاء هيئة الطاقة الجديدة والمتجددة.

شهدت بداية هذه المرحلة تأسيس هيئة الطاقة الجديدة والمتجددة عام ١٩٨٦، والتي تتولى حصر وتقييم مصادر الطاقة الجديدة والمتجددة في مصر، وعمل البحوث والدراسات العلمية لتتمية استخدام طاقة الرياح وتتفيذ المشروعات الجديدة، وأنشأت الدولة مركز بحوث الطاقة المتجددة عام ١٩٩٦ بالتعاون مع الإتحاد الأوروبي، كما أنشىء معمل طاقة الرياح في نطاق مركز تكنولوجيا الرياح بالغردقة.

وأصدرت هيئة الطاقة الجديدة والمتجددة بالتعاون مع هيئة الأرصاد الجوية أول أطلس للرياح في مصر عام ١٩٩٦ والذي يعد الأساس العلمي للمشروع. وقد ركز هذا الأطلس على ستة قطاعات رئيسية بالدولة وهي :الساحل الشمالي الشرقي، والساحل الشمالي الغربي، وخليج العقبة، وخليج السويس، والبحر الأحمر، والصحراء الغربية (هيئة الطاقة الجديدة والمتجددة، ٢٠٠٨/٢٠٠٧، ص ٧).

بالإضافة إلى إصدار أطالس تفصيلية دقيقة لبعض المواقع الجغرافية، ومنها أطلس تفصيلي لمنطقة غرب خليج السويس أصدرته الهيئة في مارس عام ٢٠٠٣ وإصدار أطلس للرياح في مصر في ديسمبر عام ٢٠٠٥ بالتعاون مع معامل ريزو RISO الدانماركية وهيئة الأرصاد الجوية.

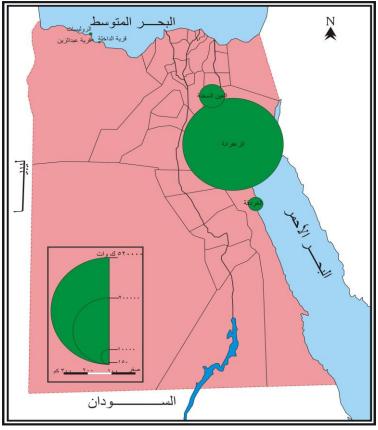
ويوضح الجدول رقم (٤) توزيع المحطات الكهروريحية في مصر (١٩٨٦- ٢٠١٠).

جدول (٤): التوزيع الجغرافي للقدرات المركبة بالمحطات الكهروريحية في مصر (١٩٨٦-٢٠١٠).

* :11	القدرة المركبة	لجغرافي	الموقع الجغرافي		
الغرض	(كيلووات)	موقع المحطة	المحافظة		
إنارة عامة	۸٤	الغردقة	£11 11		
إنارة عامة	۳۸٥٠٠٠	الزعفرانة	البحر الأحمر		
	<b>٣٩٣٤</b>	البحر الأحمر	جملة محافظة البحر الأحمر		
تحلية مياه البحر وإنارة قرية الداخلة .	10.	رأس الحكمة/قرية الداخلة	مرسی مطروح		
تحلية مياه البحر وإنارة.	10.	الرويستات			
إنارة قرية عبد الزين.	470	قرية عبد الزين			
	770	مرسى مطروح	جملة محافظة		
إنارة عامة	7 £ 7 0 •	العين السخنة/حمام فرعون	السويس		
إنارة عامة	١٧	شرق العوينات	الوادى الجديد		

		£ 1 A T T T	إجمالى الجمهورية
--	--	-------------	------------------

المصدر: عجوة، ۲۰۰۸/۲۰۰۷، ص ١٥.



المصدر: بيانات الجدول رقم (٤).

شكل (٤): التوزيع الجغرافي للقدرات المركبة بالمحطات الكهروريحية في مصر (١٩٨٦-٢٠١٠).

ويتبين من الجدول رقم (٤) والشكل رقم (٤) أن الدولة أقامت مجموعة من المحطات الكهروريحية التجريبية خلال الفترة (١٩٨٦-٢٠١) بمناطق مختلفة في مصر لدراسة جدوى استخدام طاقة الرياح في الأغراض المختلفة والتي بلغت قدرتها

المركبة نحو ٤١٩ ميجاوات وهي قفزة هائلة مقارنة بالمرحلة السابقة والتي كانت قدراتها لا تزيد على ٢ ميجاوات.

وقد حظيت محافظة البحر الأحمر بنسبة ٩٤%، والسويس ٩٠٥%، ومرسى مطروح ٠,١% من إجمالي القدرات المركبة خلال الفترة المذكورة.

ومع بداية العقد الأول من القرن الحادى والعشرين بدأت نقلة نوعية وكمية فى مجال الطاقة الكهروريحية فى مصر. فقد إرتفعت القدرات المركبة بالمحطات الكهروريحية، من (١٤٥-٥٣٦ ميجاوات) أى زادت بنسبة ٢٦٠% أما الطاقة المولدة فقد إرتفعت من (٥٣٣-١١٥ مليون كيلووات ساعة) أى بنسبة ١١٧% وقد أسهم ذلك فى زيادة معدل الوفرفى الوقود نتيجة استخدام الرياح من (١٢٤-٢٤٩ ألف طن بترول مكافىء) بزيادة قدرها ١٠١% وحدت من الإنبعاث من (٢٩٣-٢٣٨ ألف طن ثانى أكسيد الكربون) بزيادة قدرها ١٠١% خلال الفترة

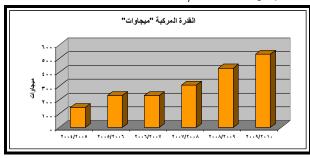
(٥). الجدول رقم (٥) وشكل رقم (٥) وشكل رقم (٥).

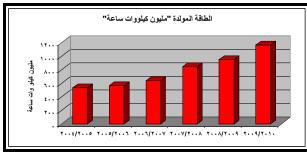
جدول (٠): تطور القدرات المركبة والطاقة المولدة بالمحطات الكهروريحية في مصر (٢٠١٠/٢٠٠٩-٢٠٠٩).

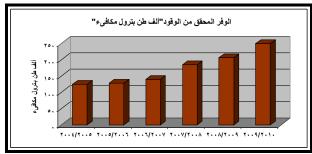
الخفض من الإنبعاث (ألف طن ثانى أكسيد الكربون)	الوفر المحقق من الوقود (ألف طن بترول مكافىء)	الطاقة المولدة (مليون كيلووات ساعة)	القدرة المركبة (ميجاوات)	السنوات
798	١٢٤	٥٣٣	150	70/72
٣٠٩	177	٥٦١	74.	77/70
٣٤٩	149	740	۲٣.	77/77
077	١٨٤	٨٤٧	۳.0	۲۰۰۸/۲۰۰۷
٥٢١	۲.0	9 £ A	٤٣٠	۲۰۰۹/۲۰۰۸

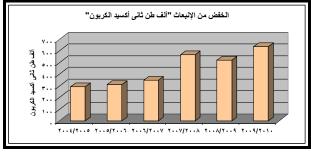
<b>٦</b> ٣٨	7 £ 9	1109	٥٣٢	7.1./79
-------------	-------	------	-----	---------

المصدر: هيئة الطاقة الجديدة والمتجددة، ٢٠١٠،٢٠/٢٠٠٩.









المصدر: بيانات الجدول رقم (٥).

شكل (٥): تطور القدرات المركبة والطاقة المولدة بالمحطات الكهروريحية في مصر (٢٠١٠/٢٠٠٩).

يتبين من متابعة أرقام الجدول رقم (٦) وقراءة الشكل رقم (٦) مايلي :

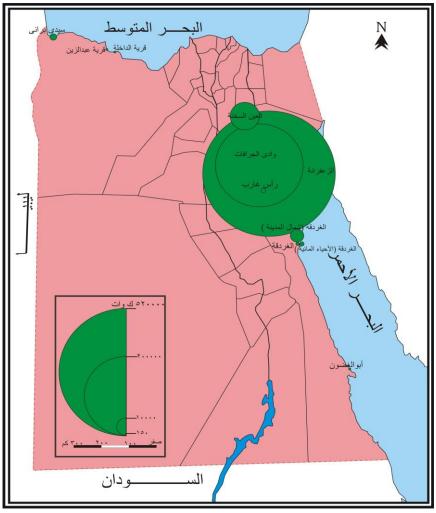
- 1- أن المحطات الكهروريحية في مصر تتوزع جغرافياً على ثلاثة عشر موقعاً جغرافياً منها سبعة مواقع على الساحل الشرقي لمصر، في حين أن أربعة منها على الساحل الشمالي، وموقعين داخل الدولة وبعيداً عن سواحلها. أي أنها تتوزع جغرافياً على خمس محافظات هي : البحر الأحمر، السويس، مرسى مطروح، المنوفية، الوادي الجديد، وتعد محافظتي البحر الأحمر ومرسى مطروح من المواقع القديمة التقليدية التي توطنت بها المحطات الكهروريحية بينما ظهرت في الصورة محافظات السويس والمنوفية والوادي الجديد كمواطن جديدة واعدة والتي تضم مواقع جغرافية متميزة تتسم بوفرة المقومات الجغرافية الطبيعية لتوطين مثل هذا النوع من محطات توليد الكهرباء.
- 7- جاءت محافظة البحر الأحمر (الساحل الشرقى) في المرتبة الأولى من حيث القدرة المركبة بالمحطات الكهروريحية والتي أسهمت بحوالي ٩٥.٢% من إجمالي القدرات المركبة بالجمهورية. ويرجع ذلك إلى أنها من أوائل المحافظات الرائدة التي دخلتها المحطات الكهروريحية لتوافر الظروف الجغرافية الطبيعية الملائمة لتوطن هذه المحطات وقد توزعت هذه المحطات على أربعة مواقع جغرافية هي : الغريقة، رأس غارب، أبو الغصون، الزعفرانة وتعد محطة الزعفرانة أكبر محطة على مستوى محافظة البحر الأحمر وعلى مستوى الجمهورية، فقد بلغت قدرتها ١١٥ ميجاوات،أنتجت حوالي ١١٥٦ مليون جيجا وات ساعة أي حوالي ٩٩%، ٤٩٩% من إجمالي القدرات المركبة والطاقة المولدة من المحطات الكهروريحية في مصر عام ١٩٠١/٢٠٠، وفرت حوالي ٢٤٨ ألف طن بترول مكافيء، كما حدت من إنبعاث حوالي ٢٠١، ألف طن ثاني أكسيد الكبربت.

وتتفاوت سرعة الرياح فى موضع محطة الزعفرانة وبالتالى كمية الطاقة الكهربائية المرسلة خلال شهور السنة كما يوضحهما الجدول رقم (٧). جدول (٦): التوزيع الجغرافي للقدرات المركبة بالمحطات الكهروريحية في مصر عام ٢٠١٠/٢٠٠٩.

(=1 te) = = 11 .= 11	الموقع الجغرافي				
القدرة المركبة (كيلووات)	موقع المحطة	المحافظة			
۲.,	الغردقة				
٤٠٠	الغردقة (الأحياء المائية)				
0	الغردقة (شمال المدينة)				
٥٦.,	جملة الغردقة				
٤٠٠	رأس غارب	البحر الأحمر			
77077.	رأس غــارب /الزعفرانــة/ وادى	البحر الاحمر			
110111	الجرافات				
77077	جملة رأس غارب				
١	أبو الغصون				
017	الزعفرانة				
٠, ٢٢٥	جملة محافظة البحر الأحمر				
<b>7</b> £ 7 0 .	العين السخنة /غرب حمام	11			
1210.	فرعون	السويس			
1	سیدی برانی				
770	قرية عبد الزين	. 1			
10.	الرويسات	مرسی مطروح			
10.	رأس الحكمة /قرية الداخلة				
1770	جملة محافظة مرسى مطروح				
١٧	شرق العوينات	الوادى الجديد			
١.	مدينة السادات	المنوفية			

إجمالي الجمهورية إجمالي الجمهورية
-----------------------------------

المصدر: هيئة الطاقة الجديدة والمتجددة ،٢٠١٠/٢٠٠٩، حسنى، ١٩٩٢، ٢٩، شحاته، ٢٠٠٧، ص ١٥٩.



المصدر: بيانات الجدول رقم (٦).

شكل (٦): التوزيع الجغرافي للقدرات المركبة بالمحطات الكهروريحية في مصر عام ٢٠١٠/٢٠٠٩.

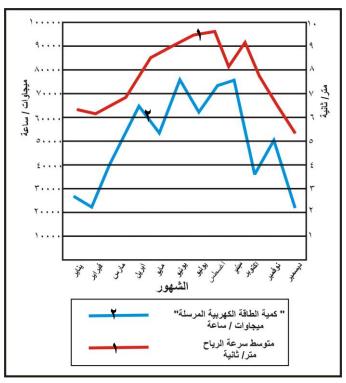
ويتضح من مطابقة الجدول رقم (٧) والمنحنيين البيانيين في الشكل رقم (٧) لمتوسط سرعة الرياح وكمية الطاقة المرسلة أن شهور الصيف هي الأعلى سرعة طوال العام الذي يجعل الطاقة الكهربائية المرسلة من المحطة تتماشى مع هذه الشهور، وكانت أعلى كمية طاقة مرسلة ٧٩٦٢١ ميجاوات ساعة في شهر سبتمبر، بينما كانت أقل كمية ٨٠٣٣٠ ميجاوات ساعة في شهر ديسمبر.

جدول (٧): العلاقة بين توزيع متوسط سرعات الرياح وكمية الطاقة الكهربائية المرسلة من محطة الزعفرانة خلال عام ٢٠٠٨/٢٠٠٧.

كمية الطاقة الكهربية المرسلة	متوسط سرعة الرياح	11
ميجاوات/ساعة **	متر/ثانية*	الشهور
79077	٦.٤	يناير
75.79	٦.٣	فبراير
१८०१०	٦.٨	مارس
٦٣٤٨٣	٨.٤	أبريل
77770	٩	مايو
٧٣٠٣٤	9.0	يونيو
77475	٩.٦	يوليو
78171	۸.۲	أغسطس
<b>V9771</b>	٩,٢	سبتمبر
<b>7</b> 1757	٧.٨	أكتوبر
07077	٦.٥	نوفمبر
7٣٩.٨	0.8	ديسمبر

<sup>\*</sup> مقاسة على ارتفاع ٢٥ متراً.

\*\* سعر البيع إلى الشركة المصرية لنقل الكهرباء ١٣.٢٣ قرشاً/كيلووات ساعة. المصدر: هيئة الطاقة الجديدة والمتجددة ، ٢٠٠٨/٢٠٠٧، ص ١٠.



المصدر: بيانات الجدول رقم (٧).

شكل (٧): العلاقة بين توزيع متوسط سرعات الرياح وكمية الطاقةالمرسلة من المحطة الكهروريحية بالزعفرانة خلال عام ٢٠٠٨/٢٠٠٧

٣- جاءت محافظة السويس في المرتبة الثالثة من حيث القدرة المركبة بالمحطات الكهروريحية فقد أسهمت بحوالي ٤٠٥% من إجمالي القدرات المركبة بالجمهورية. وأختيرت في منطقة العين السخنة إلى الشمال من محطة بالجمهورية.

الزعفرانة/وادى أبوجرافات بنحو ٤٠٥ كيلو متر وتقع في مواجهة جبل حمام فرعون وقرية فينسيا السياحية.

3- جاءت محافظة مرسى مطروح (بالساحل الشمالى الغربى) في المرتبة الثالثة من حيث القدرة المركبة، فقد أسهمت بنحو ٣٠٠% فقط من إجمالى القدرات الكهروريحية في مصر وهي نسبة متواضعة للغاية قياساً بالإمكانات الجغرافية الطبيعية لإقليم الساحل الشمالي الغربي لمصر، فقد ثبت أنه يضم موارد ريحية، وسرعات إقتصادية تتناسب والتطور النقني الحديث المطرد في مجال تصنيع توربينات التوليد الحديثة.

وتتوزع جغرافياً على أربع مواقع جغرافية هى: سيدى برانى، وقرية عبد الزين، والرويسات، ورأس الحكمة،وأكبر محطة هى سيدى برانى فقد حظيت وحدها بقدرة ١٠٠٠ كيلووات وقد أقامتها القوات المسلحة وتستخدم لإنارة قيادة المنطقة الغربية كإحتياطى للشبكة الكهربائية الموحدة.

من العرض السابق لصورة التوزيع الجغرافي للمحطات الكهروريحية في مصر يمكن أن نخرج بالملاحظات التالية:

- شهد الساحل الشمالي البدايات الأولى لتوطن هذا النوع من محطات توليد الكهرباء،
   بينما ظهر الساحل الشرقي لمصر في الصورة بعد ذلك، وأصبح بما يملكه من مقومات جغرافية يحتل المرتبة الأولى كموطن هام ورئيسي لهذه المحطات.
- ٢. تبين من صورة التوزيع الجغرافي أن ساحل البحر الأحمر أصبح يضم أكبر تركز لهذا النوع من المحطات ومرشح مستقبلاً أن يلعب الدور الأكبر كقاطرة التنمية المستدامة خصوصاً في مجال التنمية السياحية من السويس شمالاً حتى حدودنا الجنوبية (شلاتين وحلايب). وقد بلغ إجمالي الطاقة الكهربية المنتجة من مزارع الرياح التي توطنت على سواحله حوالي ١١٥٩ مليون كيلووات ساعة أنتجتاها محطتا الزعفرانة والغردقة عام ٢٠١٠/٢٠٠٩ وتختلف الطاقة المرسلة من هذه المحطات من شهر لآخر تبعاً لسرعة الرياح فقد بلغت في شهر سبتمبر من هذه المحطات من شهر لآخر تبعاً لسرعة الرياح فقد بلغت في شهر سبتمبر

نصو ۷۹۲۲۱ میجاوات ساعة، بینما إنخفضت فی شهر دیسمبر عام ۲۰۰۸/۲۰۰۷ إلی نصو ۲۳۹۰۸ میجاوات ساعة، وتشتریها شرکات توزیع الکهرباء بسعر ۱۳.۲۳ قرشاً/کیلووات ساعة من هیئة الطاقة الجدیدة والمتجددة (هیئة الطاقة الجدیدة والمتجددة، ۲۰۰۸/۲۰۰۷، صفحات متفرقة).

- ٣. هناك توجهاً حكومياً (سياسة الدولة) نحو التوسع في هذا المجال من خلال الإتفاقيات المبرمة بين مصر ودول الإتحاد الأوروبي، والذي كان من ثماره إنشاء محطة الزعفرانة والتوسع في المحطات القائمة كماً وكيفاً، وجاري الإتفاق مع الإتحاد الأوروبي للمضي قدماً في هذا الإتجاه بهدف التوسع في الإنتاج بشكل اقتصادي وتجاري، وخاصة أن الدولة تسعى للوصول بإنتاج الطاقة الكهروريحية إلى ٢٠٧٠.
- ٤. بدأت معالم هذا النمط من توليد الكهرباء تتضح وتتشكل من خلال البنية الأساسية الشبكة الكهربائية الموحدة التي نفذتها الدولة خاصة في محطة تحويل محولات الزعفرانة على جهد ٢٢/٢٢ كيلوفولت وخط نقل الجهد العالى ٢٢٠ كيلوفولت، والذي يربط المحطات الكهروريحية (بالزعفرانة) بمراكز الإستهلاك (محطة كهرباء السويس الحرارية التقليدية) بطول ٩٠ كيلومتر وهو ما يساعد في إنشاء المزيد من هذه المحطات لتوفير الوقود الأحفوري، وتقليل التلوث الناجم عن تشغيل المحطات الكهروحرارية التقليدية، وتفعيل الإتفاقية العالمية للحد من الإتبعاثات الحرارية إلى الغلاف الجوي (عجوة، ٢٠٠٨/٢٠٠٧، ص ٣٠).

# ب) توطن المحطات الكهروريحية:

# العوامل المؤثرة في توطن المحطات الكهروريحية:

هناك عدد من العوامل التي تتدخل في اختيارمواقع المحطات الكهروريحية بل وفي تحديد مواضعها من أهمها ما يلي:

### 1. متوسط سرعة الرياح واتجاهها:

تعد الرياح السطحية هي العامل الجغرافي المهم في توطن المحطات الكهروريحية في مصر، فهي بمثابة "المادة الخام لتوليد الكهرباء".

نتناسب كمية الطاقة الكهربائية المولدة مع مكعب سرعة الرياح، مما يجعل لسرعة الرياح الأثر الأكبر في تحديد كمية الطاقة الكهربية المولدة، ومن ثم إقتصاديات منظومة الإستفادة من طاقة الرياح (محمود ٢٠٠٩، ص ١٩).

وبحسبة بسيطة يمكننا إستتتاج أنه إذا ما كانت سرعة الرياح في موقع ما ضعف سرعتها في موقع آخر ، فإن الطاقة الكامنة المحتواه في رياح الموقع الأول ستزيد ثمانية أضعاف عن تلك الكامنة في الموقع الثاني الأبطأ. ومن هنا يتبين لنا أهمية السعى للتعرف على المواقع الأعلى في سرعات الرياح ورسم الخرائط لها. ومن أهم خصائص طاقة الرياح هو التغير المستمر والطبيعة العشوائية لقيم واتجاهات سرعات الرياح. وأهم ما يميز هذه التغيرات إرتباطها الشديد ليس فقط بالموقع، وإنما أيضاً بالإرتفاع في هذا الموقع (حيث تبلغ طاقة الرياح على ارتفاع ٥٠ متر من سطح الأرض نحو ضعف طاقتها على ارتفاع ١٠ متر) وأيضاً بالتغيرات الزمنية بمرور الوقت لنفس الموقع مما يحد ويقيد من فائدة القياسات على مساحات واسعة من الأرض، أو القياسات الإقليمية والخرائط المناخية المتاحة من الأرصاد الجوية، خاصة إذا كانت لفترة زمنية قصيرة. وفي الواقع فإن تغير الموقع لبضعة كيلومترات أحياناً ما يؤدي إلى تغيرات هامة في سرعات الرياح طبقاً لطبوغرافية الأرض في المواقع المختلفة عند وجود تلال أو جبال. ويعد من الصعب والمكلف في نفس الوقت نشر شبكة واسعة جداً من أجهزة القياس المكلفة لذا يتطلب الأمر تقييم المواقع المختلفة مسبقاً لاختيارأنسب المواقع المحتملة والتي يمكن إقامة منظومات رياح بها الله عمل قياسات متعددة لسرعات الرياح وسائر المتغيرات الأخرى في هذه المواقع المحتملة المختارة وذلك على ارتفاعات مختلفة ولفترات زمنية ينبغي ألا تقل عن عام بأي

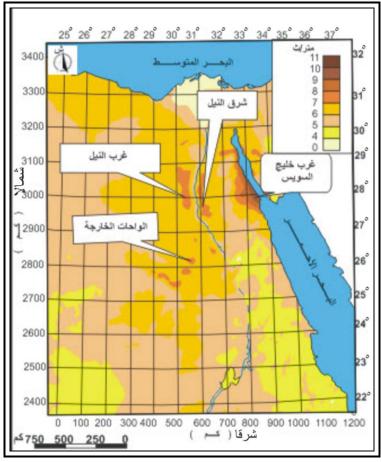
حال من الأحوال - ويفضل ثلاثة اعوام إذا كان ذلك ممكناً - حتى يمكن اختيارانسب المواقع (Harry, 1980).

ويوضح الجدول رقم ( $\Lambda$ ) التالى المتوسطات الشهرية لسرعة الرياح فى بعض محطات الأرصاد فى مصر.

جدول (٨) : التوزيع الجغرافي للمتوسطات الشهرية لسرعة الرياح في بعض محطات الأرصاد الجوية في مصر (١٩٩٥-٢٠٠٩).

المتوسط السنوى	٤,٧	۸,٧	۲,٥	۳,۹	۲,۲	٤,٢	٣,٩	۲,٤	٤,٥
ديسمبر	т.	٦,٤	۰,>	٣,٩	۲,۲	٣,٥	٤,٣	1,4	w
نوفمبر	w	٧,٢	۰,>	w	4	4,0	w	1,9	٤,٢
أكتوبر	٤,٨	11,7	٦,٥	w	1,>	۲, ۹	ĸ	۲,۲	۶,۷
سبتمبر	0,0	۹,۹	٧,١	w	1,>	٤,٢	٤,١	۲,۲	۲,۶
أغسطس	0,7	11,0	٧,٢	٦ ,>	1,0	٤,٩	۲,>	۲,۸	o
يوليو	٤,٩	1.	۲,٧	۲,1	1,>	o	٣, ٢	۲,۸	٤,٩
يونيو	0,4	١٠,٧	٧,>	<b>4</b> ,>	1,4	o	٣,٨	۲,۹	0,1
مايو	0,4	1.	۲,۲	٦,>	۲,۱	٤,٥	۲,۷	۲,٧	٤,٩
أبريل	٥,٢	١٠,٧	٦,٥	٣,٩	۲,۸	۲,3	٣,٩	۲,0	۲,۶
مارس	٤,٧	۹,۲	٦,٣	w	۲,۹	٤,٣	٣,٩	۲,۲	٤,٥
فبر ایر	3	۸,۹	٦,٢	w	۲,۹	r	ĸ	4	۲,۶
يناير	۲,٧	٦,٩	0,9	۲,۹	۲,۷	۲,۷	۲,۷	1,4	٤,٢
سرعة الرياح متر/ثانية الشهور	السويس	الزعفرانة	الغردقة	القصير	العريش	الإسكندرية	سیدی پرانی	الفرافرة	أسوان

المصدر: زهدى، ٢٠٠٩، ص ٨، المجالس القومية المتخصصة، ٢٠٠٣، ص ٢٤١.



المصدر: هيئة الطاقة الجديدة والمتجددة، ٢٠٠٨/٢٠٠٧.

شكل (٨): التوزيع الجغرافي لمتوسط سرعات الرياح في مصر.

# ويتبين من الجدول رقم (٨) والشكل رقم (٨) الآتى :

أ- يعد إقليم الساحل الشرقى للدولة هو من أعلى الأقاليم الجغرافية فى مصر من حيث متوسط سرعة الرياح السنوى ويضم: الزعفرانة، والغردقة، والسويس، والقصير، ٨٠٧، ٦٠٥، ٣٠٩ متر/ثانية على الترتيب، ويليه إقليم أسوان وشرق العوينات ثم إقليم الساحل الشمالي الغربي.

ب- ويعد الجزء الغربى من الساحل الشمالى أعلى سرعة للرياح من أى جزء آخر به ويتبين ذلك من مقارنة أرقام محطات كل من العريش من جهة، والإسكندرية وسيدى برانى من جهة ثانية.

ج- تبرز أسوان كإقليم جغرافي ريحي واعد في مصر بمتوسط سرعة 2.0 متر /ثانية على مدار العام. وقد أثبتت الدراسات التفصيلية بعد إصدار الأطلس الجغرافي للرياح عام 1997 أن منطقة وادى النيل (بني سويف والمنيا) من المناطق الواعدة التي ترتفع بها سرعة الرياح عن 7 متر /ثانية. كما أثبتت التجارب الميدانية أن توليد الكهرباء من الرياح لا يكون إقتصادياً ما لم يتعد متوسط سرعة الرياح 2.5-2.0 متر /ثانية (أي ما يعادل 19.0-19 كيلومتر /ساعة) (الديب،

ويمكن القول أن منطقة خليج السويس من أفضل المناطق الجغرافية في مصر لإقامة مثل هذا النوع من محطات التوليد حيث تضم متوسط سرعات الرياح تتراوح بين ٧-١٠ متر/ثانية وكثافة تتراوح ما بين ٣٥٠-٩٠٠ وات/متر مربع وذلك على ارتفاع ٥٠ متراً من سطح الأرض (عجوة، ٢٠٠٨/٢٠٠٧، ص ٣٦).

وتمثل شبه جزيرة سيناء مصدراً غنياً بطاقة الرياح خاصة على طول ساحل خليج العقبة، وصولاً إلى جبل عجمة. كما تبين من الأطلس أن القطاع الشرقى والغربي من الصحراء (شرق وغرب وادى النيل) يعد مصدراً غنياً بطاقة الرياح.

## ٢. كثافة الهواء:

تتاسب طاقة الرياح مع كثافة الهواء، وهي بصفة عامة تقل بالإرتفاع عن سطح البحر وتزيد في حالة زيادة رطوبة الهواء ولكن بكميات صغيرة وهي علاقة طردية ويعنى هذا ببساطة أنه كلما إنخفضت درجة حرارة الهواء، زادت كثافته، وبالتالي زادت الطاقة المحتواه في الرياح والعكس صحيح.

## ٣. أشكال سطح الأرض:

تلعب تضاريس سطح الأرض دوراً مهماً في حركة الرياح، وتكون الرياح- بصفة عامة - مستقرة في سرعتها على السطح الأملس لمياه البحر، إلا أنها تتعرض للعديد من التغيرات والإضطرابات عند دخولها إلى اليابس لتباين التضاريس المحلية من مكان لآخر داخل الأراضي المصرية.

ويجسد ذلك الجدول رقم (A) السابق والذي يوضح أن المتوسط الشهري والسنوي لسرعة الرياح يزيد في المحطات الساحلية (العريش، الإسكندرية، السلوم، السويس، الزعفرانة، الغردقة). بينما ينخفض في المحطات الداخلية (الفرافرة) حيث تقل السرعات كلما إتجهنا من المحطات الساحلية صوب الداخل. وتكون أعلى سرعة للرياح على ساحل البحر المتوسط خلال فصل الشتاء، في حين تكون أعلى سرعة على ساحل البحر الأحمر خلال فصل الصيف.

والخلاصة أن المناطق الساحلية على البحرين المتوسط والأحمر تعتبر من أنسب الأماكن لإنشاء مزارع الرياح في مصر (زهدي، ٢٠٠٩، ص ٨).

## ٤. مساحة الأرض:

يعد عامل الأرض أحد العوامل المؤثرة على توطين المحطات الكهروريحية نظراً لإنخفاض كثافة طاقة الرياح بالنسبة لوحدة المساحات من الأرض، مما يتطلب مساحة أكبر من المعدات الضخمة ممايزيد من تكاليف الإنشاء ولذلك يفضل أن تقام مزارع الرياح في المناطق الصحراوية الشاسعة والمكشوفة Open Space – الخالية من أي عوائق طبيعية (كالجبال أو المرتفعات) أوحواجز إصطناعية (كالمنشآت الصناعية أو السكنية) التي تقف حجر عثرة أمام حركة الرياح – وبالتالي تحقيق الإستفادة القصوي من طاقة الرياح.

ومن حسن الحظ أن مصر تزخر بالمساحات الشاسعة من الأراضى الصحراوية غير المأهولة بالسكان وغير المستغلة إقتصادياً.

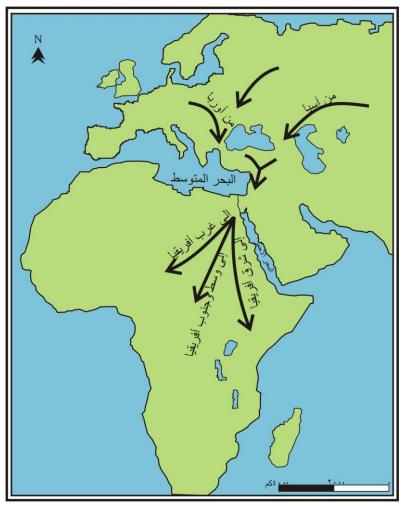
وتعد منطقة غرب خليج السويس هي من أنسب المناطق للإستفادة من طاقة الرياح ولهذا السبب فقد تم اختيارمنطقة الزعفرانة التي تقع على خليج السويس كمنطقة واعدة لإقامة أول مزرعة ريحية في مصر منذ عام ١٩٩٧، حيث تم تخصيص مساحة من الأرض تبلغ حوالي ٨٠ كيلومتراً مربعاً، وتم تنصيب عدد من الطواحيين الريحية إلى جانب مساحة أخرى قدرها ٢٤ كيلومتراً مربعاً غرب الموقع المشار إليه لتستوعب البنية الأساسية للمحطة من المباني السكنية للعاملين، وورش، ومخازن، وطرق بالموقع (هيئة الطاقة الجديدة والمتجددة، ٢٠٠٨/٢٠٠٧، ص ٩).

### ٥. مسارات هجرة الطيور:

أثبتت دراسات الجدوى الإقتصادية أن أهم الأقاليم الجغرافية التى تركز عليها الحكومة المصرية فى الوقت الراهن لتوطين المحطات الكهروريحية هى : منطقتى خليج السويس والعقبة، والبحر الأحمر (العين السخنة، الزعفرانة، رأس غارب، خليج جبل الزيت، الغردقة، الطور) وتقع هذه المناطق على مسارات الطيورالمهاجرة من شرق ووسط أوروبا وآسيا فى طريقها إلى المناطق الدفيئة فى شرق ووسط إفريقيا وغربها، وخاصة أنها تطير على متوسط ارتفاعلا يقل عن ١٠٠ متر، وبالتالى لابد من التعرف على مسارات هذه الهجرة بهدف تقليل مخاطرها على البنية الأساسية للمحطات الكهروريحية وخاصة ريش التوربينات.

ويوضح شكل رقم (٩) مسارات هجرة الطيور التى تعبر مصر فى فصلى الخريف أثناء رحلة الذهاب، والربيع أثناء رحلة الإياب خاصة سواحل البحر الأحمر وسيناء ووادى النيل (وزارة شئون البيئة، ٢٠٠٥، ص ٤٧).

وتعد مسارات هجرة الطيور كماً وكيفاً على مدار السنة غاية فى الأهمية ومرشد هام فى التعرف على أثرها فى توطين المحطات الكهروريحية ( ,2005, p. 276).



المصدر: هيئة الطاقة الجديدة والمتجددة، ٢٠٠٩/٢٠٠٨، ص ٤.

شكل (٩): اتجاهات مسارات هجرة الطيور من قارتى آسيا وأوربا إلى قارة إفريقيا. (١٥)

#### ٦. القرب من الشبكة الكهربائية الموحدة :

يعد هذا العامل أحد عوامل توطين المحطات الكهروريحية. ولكن دوره يتراجع كثيراً إذا ما توافرت بقية العوامل السابقة. فيمكن الإستغناء عنه عندما تكون المحطات منفصلة عن الشبكة القومية الموحدة وخاصة في المناطق النائية البعيدة عن الشبكة الكهربائية الموحدة وهنا تكون إقتصاديات التوليد أقل، لأنها ستقتصر على تغذية مناطق محدودة محلياً، ويتراجع دورها في التتمية الإقليمية المنشودة كما هو الحال في محطة قرية عبد الزين بمرسى مطروح التي تتكون من خمس وحدات رياح قدرة كل منها ٢٥٠ كيلووات الإنارة ٣٥ منزلاً منها ٢٥٠ كيلووات النظام بشبكة كهربائية محلية بجهد منخفض ٣٨٠ كيلوفولت (عجوة بالقرية، ويتصل النظام بشبكة كهربائية محلية بجهد منخفض ٣٨٠ كيلوفولت (عجوة ).

أما محطات الغردقة والعين السخنة والزعفرانة، فقد تم ربط الأولى بشبكة النقل والتوزيع لمدينة الغردقة على جهد ٢٢٠ كيلووات، بينما الثانية والثالثة، فقد تم ربطهما بالشبكة الكهربائية الموحدة عن طريق إنشاء محطة محولات الزعفرانة بسعة ١٢٥ ميجافولت أمبير على جهد ٢٢٠ كيلوفولت، هذا بالإضافة إلى خط ربط جهد ٢٢٠ كيلوفولت بطول ٩٠ كيلومتر حتى جنوب مدينة السويس (محطة غرب خليج السويس الحرارية) (وزارة الكهرباء والطاقة، ٢٠٠٧/٢٠٠٦، ص ٤٤). وقد خطت الدولة خطوات واسعة في السنوات الأخيرة في مد الشبكة الكهربائية الموحدة لتغطى أرجاء المعمور المصرى.

وحاصل القول أن القرب من الشبكة الكهربائية الموحدة في مصر سيحسن من إقتصاديات هذا النوع من محطات التوليد، وسيساهم في إضافة قدرات مركبة جديدة لمنظومة الطاقة الكهربائية في مصر.

### ٧. القرب من شبكات البنية الأساسية:

هناك عوامل توطن أخرى ولكن يتضاءل دورها في حالة توافر الظروف المجغرافية الطبيعية وخاصة عامل الرياح (سرعة وإتجاهاً وكثافة) فإذا توافر هذا العامل بسرعات إقتصادية مناسبة، تتراجع في المقابل أهمية العوامل الأخرى ومنها القرب من شبكات النقل المختلفة والتي تعمل على سهولة إمكانية الوصول إلى مواقع المحطات الكهروريحية، وتتفيذ برامج الصيانة الدورية لهذا النوع من المحطات وإصداح الأعطال التي تواجهها أثناء التشغيل.

كما أن القرب من شبكات البنية الأساسية (المياه والتليفونات) يؤدى إلى تسهيل إنشاء مجتمعات مناسبة للعاملين في هذا المجال وتوفير الإحتياجات الأساسية والضرورية.

ويدخل في تقدير إقتصاديات المحطة الكهروريحية – بالإضافة إلى ما تقدم – إختلاف موقع المحطة من الشبكة القومية للكهرباء، ومدى توافر البنية الأساسية كالطرق ومستلزمات الإنشاء في موقع معين. بينما يؤدى إفتقار الموقع لتلك البنية الأساسية إلى زيادة تكاليف الإنشاء. ومن الأمثلة الشائعة وجود فجوة كبيرة بين التكلفة الرأسمالية في الدول النامية ونظيرتها في الدول الصناعية المتقدمة التي تتوافر فيها البنية الأساسية (عبده، ٢٠٠٩، ص ٣٧).

ويتبين من صورة التوزيع الجغرافي للمحطات الكهروريحية في مصر،أن معظم المحطات التي أقيمت مجاورة لشبكات الطرق الرئيسية في مصر. فمحطات الساحل الشمالي يربط بينها الطريق الدولي الساحلي: العريش – بورسعيد – دمياط – الإسكندرية – مطروح، في حين أن محطات الساحل الشرقي يربطها المحور الشرقي لشبكات الطرق الرئيسية السويس – الغردقة – شيلاتين وحلايب. ويتمشى ذلك مع أسس توطين المحطات الكهروريحية التي أقيمت في مصر.

وخلاصة ما سبق ان أسس اختيارمواقع المحطات الكهروريحية ومواضعها في مصر تتطلب الإلمام بعلوم عديدة تتداخل مع بعضها البعض مثل الجغرافيا، والهندسة، والفيزياء والرياضيات والأرصاد الجوية والمناخ، والإقتصاد والبيئة ..... إلخ كل يتناولها من زاويته وإذا كانت العلوم الهندسية والفيزيائية والتخطيطية والإقتصادية تؤثر في تخطيط وتصميم وإنشاء وتشغيل المحطات الكهروريحية، فإن علم الجغرافيا يركز على الخصائص المكانية وبالتالى يوجه مسار هذه المحطات نحو المواقع والمواضع الجغرافية المناسبة لتوطينها نظراً لأن علم الجغرافيا بمثابة "الجسر" Bridge Science الذي يربط بين العلوم الطبيعية والبشرية من منظور شامل ومتكامل.

# ج) إقتصاديات الطاقة الكهروريحية:

مرت إقتصاديات الطاقة الكهروريحية بتطورات تكنولوجية كبيرة منذ أكثر من ربع قرن من الزمان حتى نضجت فى الوقت الراهن وأصبحت أكثر مصادر الطاقة المتجددة إنتشاراً فى العالم وسوف تزداد منافسة الطاقة الكهروريحية كلما إزدادت أسعار الوقود عالمياً.

وتتأثر إقتصاديات الطاقة الكهروريحية بعدد من العوامل من أهمها ما يلى:

## : Construction Costs الإنشاء . 1

ترتفع التكاليف الرأسمالية Capital Costs أو الإستثمارية لمنظومات الطاقة الكهروريحية بالمقارنة بنظيرتها من منظومات الطاقة التقليدية، والتي تتتج نفس الكمية من الطاقة وذلك للأسباب التالية:

أ- إنخفاض كثافة طاقة الرياح بالنسبة لوحدة المساحات من الأرض، وإن كانت طاقة الرياح تعد في موقف أفضل كثيراً بالمقارنة بالطاقة الشمسية، نظراً لأن الإستفادة منها تكون في المستوى الرأسي. مما يقلل نسبياً من تكلفة الأرض، إلا أن كثافة الطاقة

المتاحة بالنسبة لوحدة الحجم من الهواء تظل منخفضة نوعاً، مما يتطلب مساحة أكبر من المعدات ممثلة في ريش الدوارات والمراوح بصفة خاصة لتجميع الطاقة المطلوبة، مما يرفع من تكلفة منظومات الإستفادة من الرياح.

ب- صغر حجم أسواق منظومات الرياح النسبى بالمقارنة بنظائرها من أسواق منظومات الطاقة التقليدية، رغم أن طاقة الرياح تعد في موقف أفضل من جميع أنواع الطاقات المتجددة الأخرى بسبب الإتساع النسبي لحجم أسواقها مقارنة بغيرها من الطاقات المتجددة.

ويؤدى ذلك إلى عدم الإستفادة من إقتصاديات الحجم الكبير إلا إن هذا العامل يقل تأثيره بمرور الزمن نظراً للإتساع المتزايد لهذه الأسواق بإستمرار نتيجة التوسع المستمر لنطاق الاستخدام من ناحية، والإتجاه المستقبلي المتزايد لزيادة أحجام توربينات الرياح، من ناحية أخرى يؤدى إلى إنخفاض تكلفة وحدة القدرة المركبة (الكيلووات).

ج- التغيرات المستمرة والعشوائية في طبيعة مصادر طاقة الرياح، مما يتطلب منظومات تحكم معقدة تؤدي إلى ارتفاعالتكلفة الإستثمارية. إلا أن هذا الأمر يعادله توافر طاقة الرياح معظم الوقت ليلاً ونهاراً، مما يقلل الإحتياج لمنظومات التخزين، بل ويلغيه تماماً في حالة المنظومات المرتبطة بالشبكة الكهربائية الموحدة، مقارنة بالأهمية القصوي للتخزين في حالة الطاقة الشمسية في كثير من الأحيان لعدم توافر المصدر ليلاً. إلا أن طاقة الرياح أكثر إحتياجاً للمنظومات الدائمة خاصة في المنظومات المستقلة. والمنفصلة عن الشبكة الكهربائية خاصة في المناطق النائية.

صحيح أن تكاليف إنشاء المحطات الكهروريحية عالية وتحتاج إلى إستثمارات ضخمة. وطبقاً لتقديرات مجلس الطاقة العالمي أن التكلفة الإستثمارية للكيلووات من القدرة المركبة في مزارع الرياح تتراوح بين ١١٠٠ – ١٧٠٠ دولار /كيلووات، في حين تخفض في المحطات الغازية إلى ٤٢٠ دولار /كيلووات، وترتفع في محطات الدورة

المركبة إلى ٢٠٠ دولار/كيلووات، كما تزداد عن ذلك في المحطات البخارية لتصل إلى ٢٠٠ دولار/كيلووات، وينعكس ذلك على التكاليف الإستثمارية لوحدةالتوليد (الكيلووات/ساعة)، وتتراوح في محطات الرياح من ٣ -١٠ سنت/كيلووات ساعة، بينما تنخفض إلى ٢٠٠، ١٠٠ سنت/كيلووات ساعة في المحطات الغازية والدورة المركبة والبخارية على الترتيب (المجالس القومية المتخصصة، ٢٠٠٢، ص

### : Running Costs التكاليف الجارية

تنخفض التكاليف الجارية لمنظومة الطاقة الكهروريحية لعدم إحتياجها لوقود التشغيل، فهى "طاقة شبه مجانية"، إلا أن منظومات طاقة الرياح تتميز بالإرتفاع النسبي لتكلفة الصيانة Mentainance Cost بصعفة أساسية نتيجة الآثار السلبية للبيئة على استخدام طاقة الرياح والتي ترتبط في مصر بالتلوث الناتج أساساً عن الأتربة والرمال،وخاصة في حالة العواصف الرملية والترابية خلال هبوب رياح الخماسين ويؤثر ذلك سلبياً على آداء منظومات الإستفادة من الرياح في توليد الكهرباء،ومن ثم ارتفاعتكلفة التشغيل Operation Cost وبالتالي ارتفاعالتكلفة الإقتصادية بالمقارنة بمنظومات الطاقة الكهروشمسية وخاصة منظومات الخلايا الفوتوفولطية Photovoltic بمنظومات الخلايا الفوتوفولطية Cells ولا يزال الأمر يحتاج لمزيد من الدراسة لتحديد تأثير التلوث بصورة أكثر دقة على آداء وتشغيل منظومات استخدام طاقة الرياح في مصر بصفة خاصةً. وعلى سبيل المثال يستخدم في منظومة مزارع الرياح الضخمة بالزعفرانية أبراج يصل إرتفاعها إلى ٤٥ متراً (أي مايعادل عمارة ترتفع أكثر من ١٣ طابقاً عن الأرض) ويبلغ قطر الدوار ٥٢ متراً، ويستخدم ثلاثة ريش يبلغ طول الواحدة منها أكثرمن ٢١ متراً. وهذا يعطى فكرة عن الصعوبة النكنولوجية الناجمة عن ضرورة التنظيف الدوري متراً. وهذا يعطى فكرة عن الصعوبة التكنولوجية الناجمة عن ضرورة التنظيف الدوري الريش،وبعد كل عاصفة رملية أوترابية،مما يتطلب توفير أوناش مرتفعة ومضخات للريش،وبعد كل عاصفة رملية أوترابية،مما يتطلب توفير أوناش مرتفعة ومضخات

مياه قوية لتصل لمثل هذه الارتفاعات،وعمالة فنية متخصصة لمثل هذه المهام،مما يتطلب في النهاية زيادة برامج الصيانة، وبالتالي ارتفاعتكلفة التشغيل والصيانة.

#### ٣. تكاليف حماية البيئة:

عندما تدخل تكاليف حماية البيئة في حساب إقتصاديات المحطات الكهروريحية من إنبعاث غازات الإحتباس الحراري وخاصة غاز ثاني أكسيد الكربون الناجمة عن المحطات الحرارية التقليدية، لا شك أن هذا يساعد القوة التنافسية للمحطات الكهروريحية.

إن استخدام طاقة الرياح في توليد الكهرباء يقلل من تلويث البيئة،مقارنة بالوقود الحفرى (البترول، الفحم، الغاز الطبيعي) الذي يؤدي إلى تلويث البيئة وخاصة المياه والهواء بالمخلفات السامة وينشأ عنه ظاهرة الإحتباس الحراري ولا شك أن استخدام الطاقة الكهروريحية يجنبنا كل هذه التأثيرات السلبية والمخاطر البيئية، ففي خلال الفترة (٢٠٠٩/٢٠٠٨ - ٢٠٠٥/٢٠٠٨) أدى إستخدامها إلى خفض إنبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون من (٢٩٣ - ٢٠١ ألف طن) وبالتالي وفراً في الوقود من ثاني أكسيد الكربون من (٢٩٣ - ٢١ ألف طن).

وقد أنتجت المحطات الكهروريحية في مصر نحو ١١٥٩ مليون كيلووات ساعة في عام ٢٠٠١/٢٠٠٩. ويعنى ذلك أنها حققت وفراً في الوقود بنحو ٢٠ مليون طن مازوت معادل يمكن توجيهها للتصدير بدلاً من حرقها كوقود لتوليد الكهرباء، بالإضافة إلى نقليل النلوث الناجم عن حرق هذا الوقود وآثاره السلبية على البيئة.

وقد ساعدت هذه المحطات على تقليل الإنبعاثات من غاز ثانى أكسيد الكربون قدرت بأكثر من ٥٠٠٠ طن كانت ستلوث البيئة المصرية (هيئة الطاقة الجديدة والمتجددة، ٢٠١٠/٢٠٠٩، ص ١٠).

وبالتالى ستساعد محطات الرياح على التخفيف من ظاهرة الإحتباس الحرارى الذى يعانى منه العالم بأسره في الوقت الراهن وفي مقابل تلك الميزة الناتجة عن استخدام الطاقة

الكهروريحية وبالتالى نقليل حجم الإنبعاثات من غاز ثانى أكسيد الكربون الملوثة. يوجد للطاقة الكهروريحية سلبيات نتمثل في تكلفة حماية البيئة من الآتى:

## أ- التلوث الضوضائي Noise Pollution -

تتتج الضوضاء عن مصدرين أساسين هما : دوران التوربينات والريش وتفاعلها مع الهواء ودوران الأجزاء الميكانيكية المختلفة. وتتناسب هذه الضوضاء طردياً مع زيادة حجم منظومات الرياح، وما يتبعه من زيادة في حجم مكوناتها. كما تتناسب الضوضاء تتاسباً عكسياً مع البعد عن منظومات الرياح، أي تتناقص بزيادة البعد عنها (Meridian, 1985).

ولا توجد في مصر مواصفات قياسية خاصة للحدود القصوى للضوضاء، إلا أنه بالإسترشاد بالحدود القصوى المتعارف عليها عالمياً وأخذاً في الإعتبار توافر الرياح في أماكن نائية نسبياً، فلا يعتقد أن تسبب الضوضاء مشكلة في منطقة العوينات (جنوب غرب مصر) وهي ثاني أفضل منطقة من حيث إمكانيات الرياح في مصر، أما على سواحل خليج السويس والبحر الأحمر ، وهي أفضل المواقع لإستغلال طاقة الرياح والتي تتميز أيضاً بأنها أفضل مناطق العالم جذباً للسياحة المحلية والعالمية، فإنه يتم إنشاء مزارع الرياح على بعد كاف من القرى السياحية لتوافر الأرض التي توجد بها مصادر الرياح العالية حتى مسافات تصل إلى مئات الأمتار من ساحل البحر.

# ب- التداخل مع الموجات الكهرومغناطيسية:

يحدث هذا التداخل بسبب دوران ريش التوربينات الضخمة عندما توضع في مكان تعترض فيه سير الموجات الكهرومغناطيسية التي تشمل موجات الإرسال الإذاعي والتليفزيوني وموجات الإتصالات اللاسلكية المختلفة، وموجات الميكروويف. ويقل هذا التداخل بزيادة المسافة بين كل من أجهزة الإرسال والإستقبال من ناحية ومنظومات الرياح من ناحية أخرى، كما يقل التداخل بإنخفاض قطر التوربينة والعكس صحيح، بينما يكون

لطبوغرافية الأرض تأثير متفاوت طبقاً لكل من وحدات الرياح وأجهزة الإرسال والإستقبال بالنسبة لبعضها البعض.

ويعنى ذلك فى النهاية أن الاختيارالمناسب للمواقع لكل من هذه المنظومات يمكن من التغلب على هذه المشكلة التى ينتظر ألا يكون لها تأثير هام فى الظروف المصرية التى تتميز بوجود مناطق شاسعة من الأرض شبه خالية من السكان ومن أى أنشطة إقتصادية، تتجاوز مساحتها ٩٠% من مساحة البلاد.أى أن أنسب المناطق لإستغلال طاقة الرياح تقع فى المناطق الصحراوية غير المعمورة (حمادة، ٢٠٠٨، ص ٢٠٠٠).

## ج- تشويه المناظر الطبيعية (اللاند سكيب):

تتجه وحدات الرياح للمزيد من الضخامة من ناحية ارتفاعالبرج (يصل إلى ٤٥ متراً) وقطر ريش التوربينة (يبلغ ٥٢ متراً). الأمر الذي يمكن أن يكون له آثار سلبية على جماليات "المناظر الطبيعية" "Physical Landscape" في الأماكن التي تقام بها منظومات إستغلال طاقة الرياح، ولكن الجماليات هي شيء نسبي تتفاوت قيمته طبقاً لإعتبارات ثقافية وإجتماعية عديدة ولكن يظل في النهاية أمريمكن تفاديه وتجنب نتائجه السلبية بالاختيارالدقيق لمواقع إقامة توربينات الرياح وهو أمر من السهل تنفيذه في منطقة ساحل خليج السويس وساحل البحر الأحمر نظراً لتوافر مساحات الأراضي ومصادر الرياح على مسافات مناسبة عن القرى السياحية والمناظر الطبيعية الجذابة.

#### د- إحتمال هلاك الطيور:

بسبب ضخامة وحدات الرياح وعلى الأخص ريش توربيناتها فيحدث أحياناً وخاصة أثناء الليل أن تصطدم الطيور – بصفة عامة والمهاجرة منها بصفة خاصة – بهذه الريش، مما يتسبب في هلاكها وتتزايد هذه الآثار بزيادة ضخامة ريش التوربينات – وهو أمر متوقع مستقبلاً – ووقوع هذه التوربينات في مسار الطيور المهاجرة ، ويقدر المعدل العالمي لإحتمالات هلاك الطيور في حدود ٨% من إجمالي الطيور العابرة، ويحدث ذلك ليلاً في الأغلب الأعم . ولكن لحسن الحظ،فإن مصادر طاقة

الرياح الغنية في مصر تقع في أماكن نائية بعيدة عن مسارات الطيور المهاجرة. وإن كان الأمر يحتاج للمزيد من الدراسة لتقدير تأثير مزارع الرياح في مصر على الطيور حالياً ومستقبلاً.

## ٤. قطر التوربينة الهوائية (أو الدوار):

يعد هذا العامل أحد العوامل الهامة التي تلعب دوراً كبيراً في إقتصاديات تشغيل المحطات الكهروريحية. وتتتاسب طاقة الرياح مع قطر التوربينة الهوائية أو الجزء الدوار، وهذا لا يفسر لنا سبب السعى الدائم نحو تكبير أحجام التوربينات الهوائية وزيادة أطوال ريش التوربين. وتتميز مزارع الرياح في كل من الغردقة والزعفرانة بتتوعها في التكنولوجيات المستخدمة وهو ما يجعلها احد السجلات الحية لتطوير توربينات الرياح عالمياً.

## ٥. كمية الطاقة الكهربية المولدة:

يعد هذا العامل من أهم العوامل الإقتصادية التي تلعب دوراً هاماً في إقامة نظم الرياح. ويمكن حسابها من المعادلة التي إستخدمها "ديرك" Derek في بحثه عن توليد الكهرباء من طاقة الرياح ونشرته جامعة أكسفورد وهي على النحو التالي:

$$E = (HprF) T$$
 (Derek, 2005, p. 279)

حيث أن E تمثل كمية الطاقة الكهربية المولدة من المحطة الكهروريحية، E تمثل عدد ساعات السنة وهي E ساعة E

## : Capacity Factor معامل السعة .٦

يرتبط هذا المؤشر الإحصائى إرتباطاً وثيقاً بالمتغير السابق (كمية الطاقة الكهربية المولدة من المحطة الكهروريحية) وهو من المؤشرات الإحصائية التى تستخدم للتعرف على الجدوى الإقتصادية لتوليد الكهرباء إعتماداً على متوسط سرعة

الرياح الشهرى والسنوى ويرتبط ذلك بتكاليف إنتاج الكهرباء المولدة (عجوة، عبد المركباء المولدة (عجوة، عبد المركبات المركبات المولدة (عبوة، عبد المركبات المركبات المركبات المركبات المركبات المولدة (عبد المركبات ال

ويمكن الحصول عليه بتطبيق المعادلة التالية:

الطاقة الكهربائية المنتجة من المحطة الكهروريحية معامل السعة = \_\_\_\_\_ × ١٠٠٠

قدرة المحطة ×عدد ساعات تشغيل المحطة في السنة (محمود ، ۲۰۰۹، ص ۱۹).

ويتناسب معامل السعة مع الطاقة الكهربائية المولدة من المزرعة، فنجد أنه عند زيادة معامل السعة ترتفع كمية الطاقة الكهربائية المولدة والعكس صحيح أى علاقة طردية. وترتبط هذه العلاقة بمتوسط سرعة الرياح متر /ثانية، فكلما زادت سرعة الرياح زاد عدد اللفات للتوربينة المولدة للطاقة الكهروريحية. الأمر الذى يرفع من معدلات الطاقة الكهربية المولدة وبالتالى تنخفض تكلفة وحدة التوليد (الكيلووات/ساعة) كما يوضحه الجدول رقم (١٠) والشكل رقم (١٢).

لذلك لابد من التأكد من معامل السعة للمواقع والمواضع الجغرافية التي سيتم إختيارها لتوطين مثل هذا النوع من محطات توليد الكهرباء. والملاحظ أن منطقة الساحل الشرقي لمصر وخاصة مناطق الزعفرانة والغردقة وجبل الزيت تتميز بإرتفاع متوسط سرعة الرياح متر/ثانية خاصة في فصلى الصيف والخريف ،بينما تنخفض في فصل الشتاء، كما أنها ذات ذروة مسائية الأمر الذي يجعل الطاقة الكهربائية المنتجة من هذه المنطقة – رغم تغيرها – متناسبة لحد كبير مع طبيعة ذروة الأحمال الصيفية في الشبكة الكهربائية الموحدة.

والملاحظ أن عدد ساعات السنة هي (٨٧٦٠ ساعة) يفترض أنه لو توافرت سرعات إقتصادية للرياح تعمل عندها التوربينات لحققت إقتصاديات عالية لهذا النمط من محطات التوليد. ولكن الأمر غير ذلك، فهناك نحو ٢٢٠ ساعة تتوقف فيها التوربينات الهوائية عن العمل على مدار العام. وربما تزيد أحياناً عن ذلك لولم تكن السرعات إقتصادية.

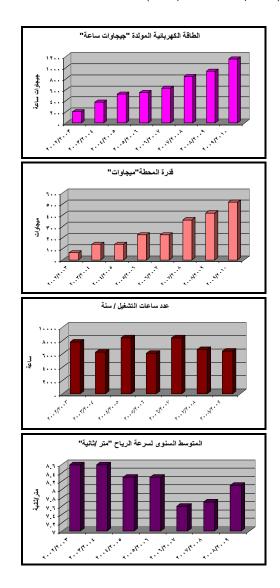
ويتبين من الجدول رقم (٩) وشكل رقم (١٠) أن هذا التوقف قد بلغ أعلاه في عام ٢٧٠٧ فكان ٢٧٠٧ ساعة/السنة في حين كان أقل توقف عن التشغيل في عام ٢٠٠٧/٢٠٠٦ نحو (٨٤٢٢ ساعة) مضافاً إليها عدد ساعات الأعطال. وعلى الرغم من ذلك حققت محطة الزعفرانة أقل معامل سعة في العام نفسه، كما إنخفض متوسط سرعة الرياح حتى وصل إلى ٧٠٦ متر/ثانية.

جدول (٩): تطور الطاقة الكهروريحية المولدة ومعامل السعة بمحطة الزعفرانة (٢٠٠٩/٢٠٠٨ – ٢٠٠٣/).

معامل السعة %	المتوسط السنوى لسرعة الرياح متر/ثانية	عدد ساعات التشغيل /سنة	قدرة المحطة (ميجاوات)	الطاقة الكهربائية المولدة (جيجاوات ساعة)	المتغيرات السنوات
٤٢	٨.٦	YY £ Y	٦٣	۲.0	77/77
٤٣.١	٨.٦	٦٢٦٤	1 2 .	۳٧٨	۲۰۰٤/۲۰۰۳
٤٠.١	۸.٣	۸٤٢.	1 2 +	٥٢٣	70/72
٤٠.٦	۸.٣	7.08	770	007	77/70
٣٣.١	٧.٦	٨٤٢٢	770	٦٢٧.٣	77
٣٥.٣	٧.٧	771.	٣٦.	۸٤٠.١	۲۰۰۸/۲۰۰۷

٣٥.٢	۸.١	٦٣٦٤	٤٢.	9 £ 1	۲٩/۲٨
غيرمتوفرة	غيرمتوفرة	غيرمتوفرة	017	1109	7.1./79

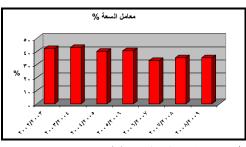
المصدر: هيئة الطاقة الجديدة والمتجددة (٢٠١٠/٢٠٠٩ - ٢٠١٠/٢٠٠٩)، صفحات متفرقة.



تطور الطااقة المولدة ومعامل السعة بالمحطة الكهروريحية بالزعفرانية بالزعفرانية (٢٠٠٣/٢٠٠٢).

(77)

شـــکل (۱۰) :



المصدر: بيانات الجدول رقم (٩).

### ٧. تغير المتوسط السنوى لسرعة الرياح:

يعد هذا العامل من أهم العوامل الجغرافية الطبيعية التي يتوقف عليها إقامة هذا النوع من المحطات، وقد أثبتت الدراسات التي تمت في هذا المجال أنه كلما إزداد هذا المتوسط قلت تكلفة توليد الكهرباء والعكس صحيح، فالمتوسط السنوي لسرعة الرياح الإقتصادي هو ٩.٥ متر /ثانية يصبح عنده التوليد إقتصادياً، وتناقص المتوسط وحدة واحدة متر /ثانية عن ٩.٥ متر /ثانية، ينتج عنه ارتفاعفي التكلفة بنسبة تتراوح بين واحدة متر /ثانية من ١٠٥ متر /ثانية، ترتفع التكلفة لتصل إلى نسبة تتراوح بين بين ١٠٥-٧٠ أما إذا إنخفض وبلغ ٦ متر /ثانية، ترتفع التكلفة لتصل إلى نسبة تتراوح بين بين ١٠٥-٧٠ (المجالس القومية المتخصصة، ٢٠٠٠، ص ٢٣١).

وقد سجلت أقل معدل سرعة لها في شهور: ديسمبر، يناير، فبراير، ٢.٢، ٢٠٩، ٢٠٠، متر/ثانية على الترتيب، مما يقلل من فرصة مشاركة قدرات هذه المحطات خلال فترات ذروة الأحمال بالشبكة الكهربائية الموحدة في مصر، ويستلزم ذلك توفير إحتياطي توليدي خلال هذه الفترة، في حين سجلت أعلى معدل سرعة لها في شهور أكتوبر، أغسطس، يونية، إبريل، ٢٠١، ١٠٠، ١٠٠، ١٠٠، ١٠٠، متر/ثانية على التوالي مقاسة على ارتفاع ٢٥ متراً من سطح الأرض، وهي سرعات مناسبة لتوليد الطاقة الكهربية من الرياح. ولذلك تصل ذروة التوليد من محطة الرياح بالزعفرانة خلال فصل الصيف، ومن حسن الحظ أن يتزامن ويتوافق ذلك مع ذروة الأحمال الصيفية.

#### ٨. تكاليف توفير الوقود:

تشیر بیانات وزارة الکهرباء والطاقة أن إجمالی إستهلاك الوقود التقلیدی (البترول،الغاز الطبیعی) قد إزداد من (۲٬۹–۲۰٬۹ ملیون طن مازوت معادل) أی بمعدل زیادة ۲٫۹ خلال الفترة (۱۹۸۲–۲۰۰۹) .ویتناسب ذلك مع النمو المطرد فی القدرة المرکبة بمحطات الکهرباء فی مصر والتی إزدادت من (۲۳۰۰–۲۳۰۰۱ میجاوات) أی بمعدل زیادة سنوی ۷.۱%، فی حین زادت الطاقة الکهربائیة المولدة من (۱۳۱۰–۱۳۱۱ ملیار کیلووات ساعة) أی بمعدل زیادة ۲% (وزارة الکهرباء والطاقة، ۲۰۱۰/۲۰۰۹ ملیار کیلووات متفرقة).

وتؤكد هذه الأرقام على أن مصر تشهد تطوراً وتوسعاً هائلين فى القدرات الكهربائية المركبة والطلب على الطاقة الكهربائية المولدة من المحطات الحرارية التقليدية،الأمر الذى يحتم عليها التوسع فى معدلات الإنتاج من الطاقة الكهربائية المولدة،وتركيب وإضافة قدرات توليدية جديدة والتوسع فى إستغلال مصادر الطاقة المتجددة وخاصة طاقة الرياح فى توليد الطاقة الكهروريحية.

ويتبين من الأرقام السابقة أن قطاع الكهرباء هو المستهلك الرئيسي للوقود في مصر فقد بلغ ٢٤.٩ مليون طن مازوت معادل في عام ٢٠٠١/٢٠٠١، أي أن كل ميجاوات من القدرة المركبة تحتاج إلى كمية وقود حوالي ١٠٥٩.٥ مليون طن مازوت معادل، وإنتاج كيلووات / ساعة من الكهرباء يحتاج إلى ٢٣٨ جرام وقود، ويتباين هذا المعدل طبقاً لحالة محطة التوليد ونوعها، وهل هي مرتبطة بالشبكة الموحدة أم لا؟ فقد وصل إلى ٢٣٨، ٢٣٧، ٢١٩، ٣١٠، ٢١٥.٣ جرام/كيلووات ساعة في محطات: العريش، شبرا الخيمة، دمنهور، عيون موسى، على التوالي (وزارة الكهرباء والطاقة، العريش، صفحات متفرقة).

ويسهم الوقود بنحو ٤٩% من إجمالي تكاليف إنتاج وتوليد الكهرباء بمحطات التوليد فتكلفة إنتاج الكيلووات ساعة بالمحطات البخارية تبلغ ٧,٩ قرش (أي ما يعادل ١,٤٥ سنت /كيلووات ساعة) وتدفع وزارة الكهرباء والطاقة لمحطات التوليد الخاصة (التي تعمل بنظام البوت: البناء – الإمتلاك – التشغيل – نقل الملكية -Build الخاصة (التي تعمل بنظام البوت: البناء – الإمتلاك – التشغيل – نقل الملكية وولدها على المساحة الكهرباء التي تولدها وتضخها في شرايين الشبكة الموحدة (المجالس القومية المتخصصة، ٢٠٠٣، ص وتضخها في شرايين الشبكة الموحدة (المجالس القومية المتخصصة، ٢٠٠٣، ص الاعتماد على المصادر الجديدة والمتجددة وخاصة طاقة الرياح في ظل ندرة الوقود الأحفوري في مصر.

### ٩. تنويع مصادر الطاقة:

لا شك ان إضافة أى مصدر جديد وأساسى فى مزيج الطاقة الطلب المتزايد عليها دولة من شأنه زيادة فرص نجاح سياسات الطاقة فى مواءمة الطلب المتزايد عليها لأغراض التتمية المستدامة مع العرض، وزيادة الكفاءة فى الاستخدام. كما أن تتويع مصادر الطاقة يعد من المحاور الرئيسية لأية إستراتيجية للطاقة، فإنشاء المحطات الكهروريحية فى أقاليم مصر المختلفة من شأنه تأمين مصادر الطاقة وإعادة الإستقرار والتوازن للشبكة الكهربائية الموحدة التى تتشر الكهرباء فى ربوع مصر بالإضافة إلى إنشاء سلسلة من المحطات الكهرونووية، زد على ذلك إحياء مشروع منخفض القطارة للطاقة الكهرومائية.

وبصفة عامة، فإن نمط مساهمة محطات التوليد من الأنواع المختلفة والتى تصب فى الشبكة الكهربائية الموحدة يكون بتشغيل المحطات ذات تكلفة التشغيل المنخفضة لأطول وقت منذ دخولها للخدمة أولاً للوصول لأفضل إقتصاديات للتشغيل. والهدف النهائى هو الوصول للمزيج الأمثل بين نسبة مساهمات كافة مصادر الطاقة

الأولية المتاحة للتوليد الكهربى. ومن بينها طاقة الرياح الذى يعطى أقل سعر للكيلووات ساعة سنوياً آخذاً فى الإعتبار كافة العوامل السابقة من تكلفة إستثمارية وجارية وأيضاً العمر الإفتراضى لكافة أنواع وحدات التوليد المساهمة فى الشبكة.

نخلص مما سبق أنه لابد من توافر عدد من العوامل الإقتصادية التي يجب أن تؤخذ في الإعتبار عند دراسة الجدوى الإقتصادية لاختيارمواقع المحطات الكهروريحية بل وفي تحديد مواضعها.

# المبحث الرابع

رؤية مستقبلية مصادر الطاقة المتجددة ..... هل تغنى عن النفط؟

سنحاول في هذا المبحث إستشراف الإتجاهات المستقبلية للطاقة المتجددة في مصر، من خلال الإجابة على السؤال الإستراتيجي التالي هل تغنى مصادر الطاقة المتجددة عن النفط ؟

تهدف الإستراتيجية القومية للطاقة المستقبلية في مصر إلى مساهمة مصادر الطاقة – المتجددة – بنسبة ٢٠٢٠ من إجمالي الطاقة المنتجة بحلول عام ٢٠٢٠، وذلك إعتماداً على طاقة الرياح بصفة خاصة، والتي تسهم بنحو ٢١% من إجمالي الطاقة المنتجة، بالإضافة توليد الكهرباء باستخدام الطاقة الشمسية.

ولتحقيق أهداف هذه الإستراتيجية إعتمدت سياسة الدولة على عدة محاور أساسية وهي:

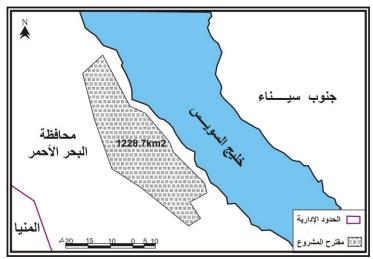
أولاً: في مجال طاقة الرياح.

1- أصدرت هيئة الطاقة الجديدة والمتجددة أطلس تفصيلي للرياح يغطى جميع الأراضي المصرية.

- أظهر أطلس الرياح في مصر أن هناك عدة مناطق واعدة يمكن استغلالها لتوليد الكهرباء من الرياح وخاصة الساحل الغربي لخليج السويس بالبحر الأحمر، وفي مواقع أخرى شرق وغرب وادى النيل وجارى تخصيص أراضي بهذه المناطق لتنفيذ مشروعات لإقامة محطات كهروريحية على النحو التالى:
   (هيئة الطاقة الجديدة والمتجددة، ٢٠٠٩/٢٠٠٨، ص ١٤).
- أ- يجرى حالياً إستكمال إجراءات تخصيص مساحة نحو ١٣٠٠ كيلومتر مربع جنوب مدينة رأس غارب (إمتداد موقع جبل الزيت) وتم اختيارمواقع جغرافية على ساحل البحر الأحمر وتم عمل الدراسات الإقتصادية اللازمة.
- ب- تم تخصيص مساحة نحو ٢٩٢ كيلومتر مربع لإقامة أربع محطات لتوليد الكهرباء من طاقة الرياح بمنطقة الزعفرانة (محافظة السويس، شكل-١١) ستضيف نحو ٤٠٥ ميجاوات لإجمالي القدرات المركبة بمحطات مصر بطاقة كهربائية مولدة ١٣٩٠ جيجاوات ساعة/سنوياً.
- ج- أظهر أطلس الرياح أن منطقة شرق النيل وغربه بمحافظتي بني سويف والمنيا تتمتعان بسرعات رياح إقتصادية (٧-١٠ متر/ثانية) وتم تخصيص مساحات تقدر بنحو ٢١٤٨ كيلومتراً مربعاً في مناطق صحراوية بعيداً عن التوسع الأفقى الزراعي (هيئة الطاقة الجديدة والمتجددة، ٢٠٠٩/٢٠٠٨، ص ١٤). لإقامة محطات لتوليد الكهرباء إعتماداً على طاقة الرياح بنظام حق الإنتفاع مع المستثمرين ، بحيث تسهم في تحسين إقتصاديات مشروعات مزارع الرياح وذلك بتعظيم دور القطاع الخاص في قطاع الطاقة الجديدة والمتجددة ، متمثلة في غربه . ونظراً لقرب هذه المواقع من الظاهرات شرق النيل ، والثالثة في غربه . ونظراً لقرب هذه المواقع من الظاهرات

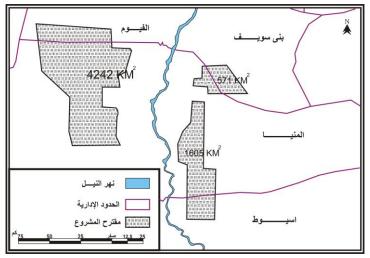
البشرية كالسكن والمنشآت في هذه المناطق (الوادى) سيكون ارتفاعا لأبراج التي ستحمل التوربينات حتى ١٢٠ متراً من سطح الأرض وهي أعلى من نظيرتها أبراج محطات الساحلين الشرقي والشمالي لمصر وهي: (شكل ١٢)

- الموقع الأول: ويقع شرق النيل في الحيز الصحراوي لمحافظة المنيا، ويشغل مساحة تقدر بنحو ٧١٥ كيلومتراً مربعاً.



المصدر: هيئة الطاقة الجديدة والمتجددة، ٢٠٠٩/٢٠٠٨، ص ١٤.

شكل (۱۱): مشروع إنشاء محطات كهروريحية بمنطقة الزعفرانة (محافظة السويس).



المصدر: هيئة الطاقة الجديدة والمتجددة، ٢٠٠٩/٢٠٠٨، ص ١٤.

شكل (۱۲): مشروع إنشاء محطات كهروريحية بمحافظات بنى سويف والفيوم والمنيا واسيوط.

- الموقع الثانى: ويقع أيضاً شرق النيل ويشغل مساحة تقدر بنحو ١٦٠٥ كيلومتراً مربعاً ويقع ضمن الزمام الصحراوى لمحافظة أسيوط. ومن المقرر إقامة محطة كهروريحية بقدرة مركبة نحو ٣٠٠ ميجاوات تتم على ثلاث مراحل كالتالى: ١٢٠ ميجاوات في المرحلة الأولى، ١٤٠ ميجاوات في المرحلة الثالثة (عجوة، ٢٠٠٨/٢٠٠٧، ص ٤٧).
- الموقع الثالث: ويقع غرب النيل ويشغل مساحة نحو ٤٢٤٦ كيلومتراً مربعاً، ويقع ضمن الزمام الصحراوى لمحافظتى بنى سويف والمنيا. وجارى عمل الدراسات الإقتصادية الازمة لها لإنشاء محطة كهروريحية بقدرة ٢٠٠٨ ميجاوات (عجوة ٢٠٠٨/٢٠٠٧، ص ٤٧).

ثانياً: في مجال الطاقة الشمسية.

تشكل مشروعات الطاقة الشمسية أحد المحاور الإستراتيجية لخطة التوسع في الإعتماد على الطاقات المتجددة ، وقد تضمنت الخطة الخمسية (٢٠١٧ – ٢٠١٧) مايلي : ( هيئة الطاقة الجديدة والمتجددة ، ٢٠٠٨/٢٠٠٨).

- 1- مشروع إنشاء محطة كهرباء شمسية حرارية بمدينة كوم إمبو (محافظة أسوان) بقدرة مركبة تبلغ ١٠٠ ميجاوات ، قدرة المكون الشمسي (المركزات الشمسية) ٧٠ ميجاوات كنموذج للمشروعات الحكومية للتوسع في مشروعات توليد الكهرباء من المركزات الشمسية، لإنتاج الكهرباء لتغذية الشبكة الموحدة بالجمهورية وتلبية إحتياجات الطلب على الطاقة .
- ۲- مشروع إنشاء محطة لتوليد الكهرباء من المركزات الشمسية بمدينة مرسى علم
   (محافظة البحر الأحمر) تبلغ قدرتها ١٠٠ ميجاوات، يسهم المكون الشمسى
   بنحو ٣٠ ميجاوات بمعرفة القطاع الخاص.
- ۳- هناك مشروع لإنشاء أربعة محطات خلايا شمسية بقدرة إجمالية نحو ۲۰ ميجاوات بالمناطق النائية وخاصة في الفرافرة (محافظة الوادي الجديد) ومطروح (محافظة مرسى مطروح).

وفى ختام هذه الرؤية الإستشرافية يمكن الإجابة على السؤال الإستراتيجى الذى بدأنا به هل تغنى مصادر الطاقة المتجددة عن النفط ؟

يثبت العلم يوماً بعد يوم أن نصيب مشاركة الطاقات المتجددة يتزايد بمعدلات صغيرة في الوقت الراهن لكنها ملموسة مع مرور الزمن، كما ستؤدى الأزمات التي يتوقع الخبراء إندلاعها مستقبلاً في أسواق النفط إلى زيادة مشاركات الطاقات المتجددة وإلى تكثيف الجهود الرامية لتحقيق إبتكارات جذرية في تكنولوجياتها. وخير مثال على ذلك إنعكاسات الثورات العربية التي إندلعت في تونس ومصر وليبا واليمن وسوريا على سباسات الطاقة العالمية.

# الخاتمة (نتائج الدراسة وتوصياتها):

لقد أوضحت نتائج هذه الدراسة أهمية بل وحتمية تطوير مصادر الطاقة المتجددة المتوافرة في مصر وتتميتها لتؤدى دورها المأمول والواعد في دعم مسيرة أمنها القومي خاصة في حقبة ما بعد نضوب الطاقة النفطية.

وحتى تحقق هذه الدراسة أهدافها المرجوة على أرض الواقع وتنطلق مصر فى دخول عصر الطاقة المتجددة، فقد زيلت بمجموعة من النتائج والتوصيات العلمية والقابلة للتطبيق فى منظومة متكاملة وشاملة وهى بمثابة "خارطة طريق" لإستغلال وتطوير مصادر الطاقة المتجددة فى مصر.

# أولاً: النتائج.

- 1. أوضحت الدراسة أن مصر تمتلك إمكانات هائلة من مصادر الطاقة المتجددة وخاصة الطاقة الشمسية، وطاقة الرياح.
- ٧. أثبتت الدراسة أن مصر تمتلك طاقة شمسية هائلة وبمعدلات إشعاع شمسى ذات قيم عالية جداً هى الأعلى على مستوى العالم يمكنها توفير مصادر طاقة متجددة ونظيفة قادرة على سد الإحتياجات المحلية بصفة مستدامة، وهو هدف إستراتيجى قومى لا غنى عنه لدعم تواصل فرص الحياة والوجود الآمن فوق الأراضى المصرية، فأمن الطاقة المستدام بالنسبة لمصر جزء من الأمن القومى بالإضافة إلى تحقيق فائض كبير من الطاقة المتجددة وخاصة الطاقة الشمسية تؤهل مصر لأن تكون مركزاً إقليمياً للطاقة فى منطقة الشرق الأوسط. وهذا يمثل بدوره هدفاً قومياً إستراتيجياً وملحاً يحقق لمصر موارد مالية تدعم ميزانية الدولة.

- ٣. أثبتت الدراسة أن منطقة ساحل البحر الأحمر وخليج السويس من المناطق الواعدة والمثالية لتوطن المحطات الكهروريحية، نظراً لما تتميز به من معدلات عالية لسرعة الرياح، كما تتحسن إقتصاديات الطاقة الكهروريحية على مر السنين.
- ٤. نبهتنا الدراسة بأن مصر تمتلك قدرات علمية ومكانية كبيرة جداً، وهذه ميزة كبيرة لصالح إستغلال مصادر الطاقة المتجددة، من منطلق أن إستغلال هذه الطاقات يحتاج بالضرورة إلى مساحات أرض فضاء شاسعة.
- و. أفرزت الدراسة عدة مشكلات تواجه مشروعات الطاقة المتجددة وخاصة الطاقة الشمسية، وطاقة الرياح، من أهمها أن هذه المشروعات تحتاج إلى تكاليف إستثمارية عالية تتمثل في تأسيس الموقع الجغرافي الذي تتوافر به مقومات إنتاج الكهرباء، وتجهيزه بالبنية الأساسية (الطرق، والمياه، والإتصالات، والوحدات السكنية ..... إلخ) خصوصاً أن المناطق التي أثبتت الدراسات أنها تصلح لتوطين نظم الرياح بها أن معظمها يقع خارج نطاق المعمور المصري، الأمر الذي يكلف كثيراً من النفقات، زد على ذلك أن مصر حديثة العهد بهذا النوع من التوليد، ولم تتوافر بها البنية التحتية (عجوة، ٢٠٠٨/٢٠٠٧، ص ٤٤)، ومع ضخامة الإستثمارات اللازمة لهذه المشروعات، إلا أنها تحقق وفورات إقتصادية ضخمة في ظل تقدم تقنيات الطاقة المتجددة وبالتالي سوف تشهد التكاليف إنخفاضاً تدريجياً ملحوظاً مع مرور الزمن.
- 7. يتبين أن هذا النوع من محطات التوليد . الكهروريحية . ينتج عنه تلويث سمعى وضوضائى شديدين (الطنين) نتيجة لحركة ريش التوربينة وإصطدامها بالرياح. لذا يصعب وجود أو إنشاء أى تجمعات سكنية مجاورة لهذه المحطات (مدن وقرى) والتى تمثل مراكز للأحمال (للإستهلاك) ومن حسن الحظ أن المناطق التى تضم سرعات رياح إقتصادية تقع معظمها فى الهوامش الصحراوية سواء على السواحل الشمالية والشرقية، أو حتى بالوادى وبالتالى يقل تأثير هذا التلويث.

٧. بينت الدراسة أن معظم القرى والمنتجعات السياحية نقع على السواحل المصرية الشرقية والشمالية، وجميع هذه المناطق تتمتع بسرعات رياح إقتصادية، وبالتالى يمكن التسيق والتعاون بين وزارتي الكهرباء والطاقة، والسياحة على أن تقوم القرى والمنتجعات بتخصيص جزء من إستثماراتها لإنشاء محطات توليد كهرباء من الرياح صغيرة تغطى إحتياجاتها من الكهرباء النظيفة والمتجددة، وبالتالى تخفيف أحمال هذه القرى والمنتجعات – خاصة في أوقات الذروة الصيفية – عن كاهل الشبكة الكهربائية الموحدة في مصر.

- ٨. تبين من الدراسة أن منطقة الطور في محافظة جنوب سيناء تضم مناطق تتمتع بمتوسطات سرعات عالية من الرياح ويمكن أن تحدث نقلة نوعية بهذه المنطقة في ظل النمو السياحي الذي تشهده سيناء، كما يمكن أن تتحول منطقة الطور إلى مركز إنتاج للرياح على غرار منطقة الزعفرانة (خليج السويس) لتغطية إحتياجات الساحل الشرقي لخليج العقبة والذي يعد منطقة مثالية وواعدة للتنمية بسيناء الجنوبية.
- عناب ثقافة أهمية تطوير مصادر الطاقة المتجددة، وتتميتها لدى الكثير من شرائح المجتمع المصرى.

# ثانياً: التوصيات.

فيما يلى حزمة من التوصيات المقترحة، إذا ما تم تطبيقها على أرض الواقع سوف تحدث نقلة نوعية متفردة في خريطة مصادر الطاقة بمصر.

1. يجب تفعيل دور المجلس الأعلى للطاقة والذى يتولى الإشراف على وضع استراتيجية شاملة طويلة الأجل للطاقة في مصر، كما ينبغى أن تتضمن تلك الإستراتيجية برامج لترشيد الطاقة إنتاجاً وإستهلاكاً، بالإضافة إلى تتمية وتطوير مصادر الطاقة المتجددة.

- ٢. تحقيق التسيق والتعاون بين جميع الهيئات والمؤسسات المعنية بتطوير مصادر الطاقة المتجددة وتنميتها.
- ٣. تشجيع القطاع الخاص بمصر على المشاركة الإيجابية فى تنفيذ مشروعات
   عملاقة طموحة فى مجال تنمية وتطوير مصادر الطاقة المتجددة.
- إعداد قاعدة معلومات كاملة (بنك معلومات) وتفصيلية للمواقع المقترحة للمشروعات الإستثمارية، مع تقديم دراسات تفصيلية للجدوى الإقتصادية والبيئية لكل مشروع مقترح.
- صرورة المحافظة على صيانة المحطات الكهروشمسية، والكهروريحية بصفة دورية بتنظيفها من الغبار والتراب والرمال خاصة بعد هبوب العواصف للمحافظة على درجة كفاءتها.
- 7. إستثمار جزء من رصيد الأجيال القادمة الذي تتبناه الدولة لتأمين مستقبل هذه الأجيال في مشروعات الطلقة المتجددة في مصر.
- ٧. وضع إستراتيجية تعليمية وطنية، بما يواكب طموحات الدولة في بناء كوادر وطنية مؤهلة تأهيلاً علمياً وتقنياً وميدانياً عالياً في مجال تطوير تقنيات وتطبيقات إستغلال مصادر الطاقة المتجددة وتتميتها بما يزيد من دور هذه الطاقة مستقبلاً في تحقيق أمن الطاقة المستدام.
- ٨. ضرورة وضع قضية تطوير مصادر الطاقة المتجددة وتتميتها على قمة أولويات المتمامات الدولة كقضية قومية إستراتيجية ملحة تحتاج إلى دعم القيادات السياسية العليا.
- 9. ضرورة نشر ثقافة استخدام الطاقة المتجددة، وتشجيع المواطنين عليها ويمكن أن نستفيد في هذا المجال بتجارب الدول، وبالتالي فالمشاركة الشعبية في إنتاج الكهرباء ستساعدنا في تبني ثقافة إنتاجية بدلاً من الثقافة الإستهلاكية السائدة الآن.

مجلة المجمع العلمي المصري

### مصادر ومراجع الدراسة

## أولاً: المصادر والمراجع العربية:

- البسيونى، كمال (د. ت)، تقييم طاقة الرياح واستغلالها بجمهورية مصر العربية، هيئة تتمية واستخدام الطاقة الجديدة والمتجددة، القاهرة.
  - ٢. الجهاز المركزي للتعبئة العامة والإحصاء (٢٠٠٩) دراسة الطاقة في مصر، القاهرة.
- ٣. الخياط، محمد (٢٠١٠)، محطات مركزات الطاقة الشمسية، مجلة الكهرباء العربية،
   العدد ٩٩ يناير مارس، توزيع مؤسسة الأهرام، القاهرة.
- الديب، محمد (٢٠٠٩)، قضايا الطاقة في مصر، سلسة بحوث جغرافية، العدد ٢٥، الجمعية الجغرافية المصرية، القاهرة.
- ۰. بودمان، ص. د (۲۰۰۱)، حلول من الطاقة النظيفة، مجلة مواقف إقتصادية، العدد ۲
   بوليو، المجلد ۱۱، مكتب الإعلام الخارجي، وزارة الخارجية الأمريكية، وإشنطن D.C.
  - ٦. جريدة الأهرام المصرية (٢٠٠٧) الصادرة في ٢٠٠٧/١٠/١، مؤسسة الأهرام، القاهرة.
- ٧. جيفرس، ديفيد (٢٠١٠)، الطاقة النظيفة، سلسة العلوم والتكنولوجيا، مهرجان القراءة للجميع، الهيئة المصرية العامة للكتاب، القاهرة.
- ٨. حمادة، إيملى (٢٠٠٨)، طاقة الرياح: دراسة فى المناخ التطبيقى، المجلة الجغرافية العربية، العدد ٥٢ ، الجزء الثانى، الجمعية الجغرافية المصرية، القاهرة.
- ولا الغاز الصعيد يحقق طموحات دول وادى النيل، مجلة الأهرام الإقتصادى، العدد المعادر في ٢٠١١/١/١٠، مؤسسة الأهرام، القاهرة.
- ۱۰. رئاسة الجمهورية، المجالس القومية المتخصصة (۲۰۰۳/۲۰۰۲) تقريرالمجلس القومى للإنتاج والشئون الإقتصادية في دورته ۲۹ (۲۰۰۳/۲۰۰۲)، إقتصاديات طاقة الرياح في مصر، القاهرة.
- ۱۱. زهدى، حسين (۲۰۰۹)، طاقة الرياح في مصر، مجلة الأرصاد الجوية، العدد ۱۸ يوليو، الهيئة العامة للأرصاد الجوية، القاهرة.
- ١٢. سعد، فاطمة (١٩٩٤) إمكانات الطاقة الجديدة والمتجددة في مصر، رسالة ماجستير غير منشورة، قسم الجغرافيا، كلية البنات، جامعة عين شمس، القاهرة.

١٣. شحاته، حسن (٢٠٠٧)، التلوث البيئى ومخاطر الطاقة سلسلة العلوم والتكنولوجيا.
 مكتبة الأسرة، الهيئة المصرية العامة للكتاب، القاهرة.

- ١٤. عبد الله، حسين (١٩٩٢)، إقتصاديات الطاقة في مصر، مطابع دار الهلال، القاهرة.
- 10. عبده، سعيد (١٩٧٧)، جغرافية الطاقة الكهربائية في مصر: دراسة في الجغرافيا الإقتصادية، رسالة ماجستير غير منشورة، قسم الجغرافيا كلية البنات جامعة عين شمس، القاهرة.
- 17. \_ (1999)، جغرافية الطاقة، مفهومها، ومجالها، ومناهجها، المجلة الجغرافية العربية، العدد ٢٤، الجزء الثاني، الجمعية الجغرافية المصرية، القاهرة.
- ١٧. \_ (٢٠٠٩)، مستقبل الطاقة الكهرونووية في مصر : منظور جغرافي، المجلة الجغرافية العربية، العدد ٥٣، الجزء الأول، الجمعية الجغرافية المصرية، القاهرة.
- ۱۸. عجوة، أحمد (۲۰۰۸/۲۰۰۷)، جغرافية مزارع الرياح وإنتاجها من الكهرباء في مصر،
   مجلة المجمع العلمي المصرى العدد (۸۳) القاهرة.
- 19. فاروق، عبد الخالق (٢٠١١)، إقتصاديات الفساد في مصر : كيف جرى إفساد مصر والمصريين (١٩٧٤ ٢٠١٠) مكتبة الشروق الدولية، الطبعة الأولى، القاهرة.
- ٢٠. كابون لى، مايونج (٢٠٠٤)، دليلك إلى آلية التنمية النظيفة، ترجمة ماهر عزيز، برنامج الأمم المتحدة للبيئة UNEP، مشروع تنمية القدرات لآلية التنمية النظيفة، يونيو، القاهرة.
- ۲۱. لوى، إيان وبروك، بارى (۲۰۱۱)، خيار الطاقة النووية إلى أين ؟ ترجمة مصطفى مموليلا، مجلة الذرق، العدد ۱۳۱، فبراير، هيئة الطاقة الذرية السورية، دمشق.
- ٢٢. ماسلين، مارك (٢٠١٠)، مقدمة قصيرة في الإحتباس الحراري، ترجمة عزت عامر، مكتبة الشروق، القاهرة.
- ۲۳. محمود، ماجد (۲۰۰۹)، إستغلال طاقة أمواج البحر في توليد الكهرباء: آمال وتحديات، مجلة الميكانيكا العربية، العددان ۹ ۱۰ يونيو أغسطس، سبتمبر نوفمبر، مركز تحديث وتطوير الميكانيكا العربية، توزيع مؤسسة الأهرام، القاهرة.
- ۲۲. مجاهد، محمد وآخرون (۲۰۰۲)، مصادر الطاقة في مصر وآفاق تتميتها، منتدى العالم الثالث: مشروع مصر ۲۰۲۰، المكتبة الأكاديمية، القاهرة.

- ٢٥. مجلس الشورى (د . ت) تقرير لجنة الإنتاج الصناعى والطاقة عن الطاقة الجديدة والمتجددة، واستخداماتها في المشروعات الإنمائية في مصر، القاهرة.
- ٢٦. وزارة الكهرباء والطاقة الشركة القابضة للكهرباء، التقارير السنوية (٢٠٠٧/٢٠٠٦ –
   ٢٠٠ (٢٠١٠/٢٠٠٩)، مطابع الأهرام التجارية، القاهرة.
- ۲۷. \_\_\_\_، هيئة الطاقة الجديدة والمتجددة، التقارير السنوية من (۲۰۰۳/۲۰۰۲ –
   ۲۰۰۳/۲۰۰۹) مطابع الأهرام التجارية، القاهرة.
- ۲۸. وزارة شئون البيئة (۲۰۰۵) قطاع المحميات الطبيعية. المحميات الطبيعية في مصرالقاهرة.
- ۲۹. والد، م. ل (۲۰۱۰)، قدرات مصادر الطاقات المتجددة، مجلة العلوم الأمريكية، العددان ۱ ۲ يناير فبراير، مؤسسة الكويت للتقدم العلمي، الكويت.

### ثانياً: المصادر والمراجع غير العربية.

- 1. Chapman, J.D. (1989): Geography and Energy, Commercial Energy Systems and National Policies, Long Man, New York.
- 2. Derek, T. (2005): Wind Energy inGoodfry. B. (ed.), Renewable Energy, Power for Asustainable Future, The Open University, New York.
- 3. Harb, S. (1978): Characteristic Futures of Radiation Field in Egypt, Egyptian Solar Energy Commission, Ministry of Electricity and Energy, Cairo.
- Harry, L.W. & Others (1980): A siting Hand Book for small Wind Energy Conversion Systems, Battelle.
- Meridian Coroporation (1985): Falls Charuch, Virginea. Wind Energy Tecnology Reference Note Book, Prepared for The Egyptian Electricity, Authority and USAID, Submitted through Lous Berger International Inc., Washington D.C.
- 6. World Energy Council (1998): Servey of Energy Resources. 18<sup>th</sup> edition, AUGUST.

\* \* \*