التوزيع : محـــدود
E/ESCWA/NR/88/2/Rev.1
١٠ شباط/فبراير ١٩٨٨
ARABIC
الأصـل : بالعربيـــة

الأمم المتحـدة

المجلس الاقتصـــادي والاجتماعي

# اللجنة الاقتصادية والاجتماعية لغربي اسيا

شعبة الموارد الطبيعية والعلم والتكنولوجيا

ندوة آفاق استثمار طاقة الرياح في الوطن العربي
الجزائر ٤ - ٦ نيسان/ابريل ١٩٨٨

UN ECONOMIC AND SOCIAL COMMISSION FOR WESTERN ASIA
LIBRARY & DOCUMENTATION SECTION

## طاقة الرياح وآفاق استخدامها في منطقة الاسكوا

إعـــداد
دكتور/ محمود عبدالحليم صالح
المستشار الاقليمي لشؤون الطاقة المتجددة

---

الآراء الواردة بهذا التقرير تعبر عن الرأي الشخصي للمستشار الاقليمي ولا تلزم بالضـــرورة اللجنة الاقتصادية والاجتماعية لغربي آسيا.

88-0225

# طاقة الرياح وآفاق استخدامها في منطقة الاسكوا

إعداد: د. محمود عبدالحليم صالح*

## أولا- مقدمـــــة

بدأ استخدام طاقة الرياح في ضخ المياه وطحن الحبوب منذ آلاف السنين، فهناك دلائل تشير الى أن المصريين القدماء استخدموا طاقة الرياح لضخ المياه من النيل لري الأراضي المحيطة به وذلك منـــذ أكثر من خمسة آلاف عام «١»، كما أن هناك دلائل تؤكد استخدام هذه الطاقة في مصر لنفس الغرض فـــي القرن التاسع عشر، وقد انتشر استخدام التوربينات الهوائية لضخ المياه الجوفية للري في القرن العشرين وخاصة في نهاية الأربعينيات وبداية الخمسينيات، وذلك في المناطق الساحلية في كل من المغرب والجزائر وتونس ومصر وسوريا ولبنان وغيرها من الأقطار العربية «٢»، وكان جزء من هذه التوربينات والمضخـــات الملحقة بها يتم تصنيعه محليا. ولكن مع اكتشاف النفط بوفرة في الأراضي العربية ورخص أسعاره في ذلك الوقت، ومع التقدم التكنولوجي في انتاج محركات الديزل والمضخات التي تعمل معها، الى جانب ظهـــور كثير من العيوب الفنية في التوربينات الهوائية وخاصة تلك التي تم تصنيعها محليا، ولأسباب عديـــدة أخرى أعرض المزارعون في العالم العربي عن استخدام طاقة الرياح في الري، وإن كان يوجد حاليا عـــدد محدود من التوربينات الهوائية لازال يعمل في بعض الأقطار العربية.

غير أن هناك الكثير من الأسباب التي تجعل المسؤولين عن الطاقة في الأقطار العربية يفكـــرون في استغلال طاقة الرياح في توليد الكهرباء وضخ المياه وخاصة المناطق التي تتوافر فيها الرياح بسرعـــات مناسبة، وكذلك تلك التي تتوافر فيها الأراضي الصالحة للزراعة، ومن بين تلك الأسباب يمكن ذكر ما يلي: «٣» ، «٤».

(أ) تتوافر الرياح بسرعات مناسبة في معظم الأقطار العربية باستثناء المناطق البعيدة عـــن السواحل في كل من مصر وليبيا وبعض مناطق السودان والعراق، وتعتبر سرعات الرياح عالية نسبيا فـــي المناطق الساحلية على الخليج العربي والبحر الأحمر والبحر المتوسط، وفي أواسط السودان وتونـــس والمغرب والجزائر.

(ب) ان أكثر من ٦٠ في المائة من سكان الأقطار العربية يقطنون المناطق الريفية والصحراويـــة على شكل تجمعات سكانية صغيرة تعاني في معظم الأحيان من نقص في مصادر الطاقة وذلك لبعدها عـــن شبكات الكهرباء الرئيسية، ولصعوبة نقل الوقود اليها أحيانا، ولعدم توافر الخبرات الفنية لتشغيـــل وصيانة وإصلاح محركات الديزل التي تستخدم لإدارة المضخات في تلك المناطق، وبالتالي فمن المناســـب إقامة وحدات صغيرة لتوليد الكهرباء أو ضخ المياه تعمل بطاقة الرياح لا تحتاج الى وقود أو خبرة فنيـــة خاصة لتشغيلها وصيانتها في هذه التجمعات.

---

* مستشار اقليمي لشؤون الطاقة المتجددة
اللجنة الاقتصادية والاجتماعية لغربي آسيا
ص . ب: ٣٧ ، بغداد - العراق

(ج) ان المعدات المستخدمة في منظومات الرياح يمكن تطويرها كليا أو جزئيا في الوطن العربي، أي أن الصناعة العربية بامكانياتها الحالية يمكنها تصنيع المعدات الخاصة بمنظومات توليد الطاقة من الرياح، كما يمكن للمؤسسات العلمية والتكنولوجية العربية بما لديها من خبرات حالية تطوير وتطويع هذه التكنولوجيات للظروف المحلية في الوطن العربي.

(د) تؤكد الدراسات أن هناك عددا من خزانات المياه الجوفية في الجزيرة العربية وفي بعض مناطق مصر والسودان معظمها لم يستغل بعد، وان كانت المياه في بعضها من النوع شبه المالح (المسوس) ويمكن لطاقة الرياح القيام بدور فعّال في ضخ المياه من هذه الخزانات وفي إعذابها.

(هـ) ان استخدام طاقة الرياح للضخ المباشر للمياه الجوفية في معظم هذه المناطق لن يزيد من ملوحة الآبار حيث أن معدلات الضخ باستخدام طاقة الرياح تكون عادة أقل من معدلات الضخ باستخدام ماكينات الديزل أو المحركات الكهربائية.

(و) ان استخدام الرياح كمصدر للطاقة ليس له آثار بيئية ضارة مباشرة خاصة فيما يتعلق بتلوث الهواء أو الماء، الأمر الذي لا يمكن تجنبه في حالة استخدام آلات الاحتراق الداخلي (مثل محركات الديزل وغيرها).

ثانيا- <u>الرياح كمصدر للطاقة في منطقة الاسكوا</u>

تعتمد كمية الطاقة التي يمكن توليدها من الرياح أساسا على سرعة الرياح في الموقع الذي تقام فيه التوربينة الهوائية، وسرعة الرياح تتغير من موقع الى موقع ومن وقت الى آخر بشكل سريع، ولذلك فإنه من أجل تقييم دقيق لطاقة الرياح في موقع ما يجب توافر معلومات كافية عن سرعات الرياح في هذا الموقع وتغيرها مع الزمن لسنوات طويلة.

وقد قدمت منظمة الأرصاد الجوية العالمية (WMO) الى مؤتمر الأمم المتحدة المعني بمصادر الطاقة الجديدة والمتجددة والذي عقد في نيروبي في آب/أغسطس ١٩٨٠ خريطة لتوزيع المتوسط السنوي لقدرة الرياح في مختلف أنحاء العالم، وتشير تلك الخريطة بالنسبة للعالم العربي الى أن المتوسط السنوي لقدرة الرياح في الجزيرة العربية يتراوح بين ١٠٠ - ١٥٠ وات / م$^{٢}$، ويزداد هذا المتوسط ليصل الى ١٥٠ - ٢٠٠ وات / م$^{٢}$ على ضفاف الخليج، وتكون هذه القدرة بالنسبة للمناطق الساحلية في كل من مصر وليبيا ومعظم مناطق سوريا ولبنان والأردن ١٠٠ - ١٥٠ وات / م$^{٢}$ بينما يزداد هذا المتوسط في المغرب العربي ليصل الى ٢٠٠ - ٢٥٠ وات / م$^{٢}$، كما توجد مناطق كثيرة في أواسط السودان يتراوح متوسط قدرة الرياح في كل منها بين ١٠٠ - ٣٠٠ وات / م$^{٢}$، وتزداد قدرة الرياح كلما اتجهنا من مناطق الحدود الى أواسط السودان.

وفي مجموعة من الدراسات والتقارير «٣، ٥، ٦، ٧» أعدتها اللجنة الاقتصادية والاجتماعية لغربي آسيا (الاسكوا) التابعة لهيئة الأمم المتحدة ومن واقع المعلومات التي قام بجمعها خبراء الاسكوا تم تقدير المتوسط السنوي لقدرة الرياح في بعض المواقع في منطقة الاسكوا كما هو مبين في الجدول (١)، ولئن كان

هناك بعض التباين بين التقديرات المختلفة فذلك مرجعه الى أن معظم المعلومات المتوفرة عن سرعات الرياح قد سجلت بهدف الرصد الجوي وليس بهدف تقييم الطاقة، ولذلك نجد أن مواقع المحطات ونوعية أجهزة القياس قد تم اختيارها لتخدم أهداف الرصد الجوي.

غير أن بعضا من بلدان المنطقة (الأردن ومصر) تنفذ برامج لقياس سرعات الرياح بهدف تقييمها كمصدر للطاقة، وقد استخدمت هذه البلدان أحدث أنواع أجهزة القياس وتم اختيار مواقع إقامة الأجهزة بما يتلاءم مع متطلبات استغلال طاقة الرياح.

وبالنظر الى المتوسط السنوي لقدرات الرياح المتاحة في منطقة الاسكوا ومع الأخذ في الاعتبار الكفاءة العالية نسبيا للتوربينات الهوائية إذ أن بعضها يستطيع أن يحوّل ٤٠ في المائة من طاقة الرياح المتاحة الى طاقة ميكانيكية مفيدة، فاننا نجد أنه يمكن استغلال هذه الطاقة لتوليد الكهرباء أو ضخ المياه، خاصة وأن طبيعة الرياح وهي عدم الاستمرارية يمكن مواءمتها مع متطلبات ضخ المياه دون الحاجة الى نظم تخزين معقدة أو نظم طاقة بديلة تعمل كاحتياطي لها. وقد تم فعلا اختيار مواقع مزارع الرياح الأولي في مناطق رأس غارب في مصر والابراهيمية في الأردن اعتمادا على القياسات التي تم تسجيلها في كلتا المنطقتين.

أما عن قدرة التوربينة الهوائية التي يمكنها توليد كمية من الطاقة فإن ذلك يعتمد أساسا على تحديد ما يسمى بمعامل توافر المصدر (Resource Availability Factor) في الموقع الذي سوف يتم تركيب التوربينة فيه، ويعرف معامل توافر المصدر على أنه متوسط كمية الطاقة التي تنتجها التوربينة الهوائية في وحدة الزمن لكل كيلووات مركب من قدرتها في هذا الموقع، ويتم تحديد هذا المعامل اذا عرفت خصائص الرياح في المنطقة ومنحنى الطاقة (Power Curve) للتوربينة الهوائية ويكون هذا المعامل عادة جزءا من الواحد الصحيح وكلما اقترب هذا المعامل من الواحد الصحيح كلما كان هذا الموقع أفضل من ناحية خصائص الرياح فيه.

ويمكن المفاضلة بين المواقع المختلفة على أساس قيمة معامل توافر المصدر في كل منها، ويعتبر ذلك مقياسا أكثر دقة من مقارنة المتوسط السنوي لقدرة الرياح في الموقع، حيث أن معامل توافر المصدر يأخذ في الاعتبار مؤشرات أداء التوربينة الهوائية وأهمها:

(أ) سرعة المباشرة (Cut- in speed) وهي أصغر سرعة للرياح تعمل عندها التوربينة الهوائية (تتراوح عادة بين ٢-٥ م/ث)، وعندما تكون سرعة الرياح أقل من هذه السرعة يتم ايقاف التوربينة بفرامل خاصة.

(ب) سرعة الفصل (Cut- off speed) وهي أكبر سرعة للرياح تعمل عندها التوربينة (تكون عادة أعلى من ٢٥ م/ث) وعندما تزيد سرعة الرياح عن سرعة الفصل يتم توجيه ريش التوربينة لتكون في مستوى موازٍ لاتجاه الريح، وبذلك تتوقف حركة التوربينة.

| البلد | الموقع | خط عرض (شمال) | خط طول (شرق) | مصدر المعلومات | فترة القياس | ارتفاع جهاز القياس (م) | متوسط سرعة الرياح م/ث | متوسط قدرة الرياح وات/م٢ | معامل نموذج الطاقة |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| البحرين | المحرق | ١٦ ٠٦ | ٥٠ ٣٧ | شركات النفط | ١٩٦٨-١٩٥٩ | ١٠ | ٤ر٥٧ | ١٣٩ | ٢ر٣٩ |
| اليمن الديمقراطي | مطار عدن | ٠٥ ١٢ | ٤٥ ٠٣ | مديرية الأرصاد | ١٩٨٤-١٩٦٨ | ١٠ | ٤ر٠٠ | ١١٢ | ٢ر٨٧ |
| | مطار الريان | ٣٨ ١٤ | ٤٩ ١٢ | مديرية الأرصاد | ١٩٨٤-١٩٧٣ | ١٠ | ٣ر٦٠ | ١٠٢ | ٢ر٥٨ |
| | جزيرة سقطرى | ٠٢ ١٢ | ٥٤ ٠٠ | مديرية الأرصاد | ١٩٧٨-١٩٧٦ | ١٠ | ٦ر٦٠ | ٤٤١ | ٢ر٥٠ |
| مصر | رأس غارب | ٢٢ ٢٨ | ٣٣ ٠٤ | هيئة الطاقة الجديدة والمتجددة | ١٩٨٦-١٩٨٥ | ١٠ | ٨ر٢١ | ٤٧٦ | ١ر٤٠ |
| | رأس غارب | ٢٢ ٢٨ | ٣٣ ٠٤ | | | ٢٠ | ٨ر٦٨ | ٥٤٦ | ١ر٣٧ |
| | الغردقة | ١٧ ٢٧ | ٣٣ ٤٦ | | | ١٠ | ٦ر٢٤ | ٢٢٩ | ١ر٥٥ |
| | رأس الحكمة | ١٤ ٣١ | ٢٧ ٥٢ | | | ٢٠ | ٥ر٧١ | ١٧٢ | ١ر٥٢ |
| | رأس الحكمة | ١٤ ٣١ | ٢٧ ٥٢ | | | ١٠ | ٤ر٩٣ | ١٢٢ | ١ر٦٧ |
| الأردن | رأس منيف | ٢٢ ٣٢ | ٣٥ ٠٥ | الجمعية العلمية الملكية | ١٩٨٤ | ١٠ | ٦ر٦٠ | ٣٦٤ | ٢ر٠٨ |
| الكويت | الاحمدي | ٠٤ ٢٩ | ٤٨ ١٠ | شركات النفط | ١٩٧٣-١٩٦٠ | ١٠ | ٥ر٣٠ | ١٧٠ | ١ر٨٧ |
| عمان | مصيرة | ٢٠ ٢٠ | ٥٨ ٤٩ | مديرية الأرصاد | ١٩٨٥ | ١٠ | ٤ر٦٠ | ١٣٩ | ٢ر٣٤ |
| | ثمريت | ٤٠ ١٧ | ٥٤ ٠٢ | مديرية الأرصاد | ١٩٨٥ | ١٠ | ٥ر٧٠ | ٢٥١ | ٢ر٢٢ |
| قطر | الدوحة | ١٧ ٢٥ | ٥١ ٣٤ | شركات النفط | ١٩٧٣-١٩٥٦ | ١٠ | ٣ر٨٣ | ٩٥ | ٢ر٧٨ |
| | رأس ركان | ٠٨ ٢٦ | ٥١ ١٢ | | ١٩٦٨-١٩٥٧ | ١٢ | ٤ر٤٧ | ١٢٣ | ٢ر٢٦ |
| | جزيرة حلول | ٤٠ ٤٥ | ٥٢ ٢٤ | | ١٩٧١-١٩٥٧ | ١٠ | ٦ر٠٩ | ٢٦١ | ١ر٨٩ |
| المملكة العربية السعودية | رأس تنورة | ٤٢ ٢٦ | ٥٠ ٠٥ | شركات النفط | ١٩٧٣-١٩٦٧ | ٨ | ٤ر٠١ | ٧٥ | ١ر٩٠ |
| الجمهورية العربية السورية | القنيطرة | ٠٨ ٣٣ | ٣٥ ٤٩ | وزارة الكهرباء ومديرية الأرصاد | - | ١٠ | ٦ر٥٨ | ٢٦٤ | ٢ر٠٩ |
| | تدمر | ٣٦ ٣٤ | ٣٨ ١٥ | | - | ١٠ | ٤ر٩٥ | ١٩٢ | ٢ر٦٠ |
| | البوكمال | ٠٥ ٣٤ | ٤٠ ٠٩ | | - | ١٠ | ٤ر٤٣ | ١٥١ | ٢ر٨٥ |
| | قراتشوك | ٠٠ ٣٧ | ٤٢ ٠٥ | | - | ١٠ | ٤ر٠٠ | ١٢٠ | ٢ر٠٠ |
| الامارات العربية المتحدة | جبل الظنة | ٦١ ٢٤ | ٥٢ ٣٧ | شركات النفط | ١٩٧١-١٩٦٢ | ١٢ | ٣ر٩٥ | ٧٩ | ٢ر١١ |
| | جزيرة داس | ٠٩ ٢٥ | ٥٢ ٣٥ | | ١٩٧٣-١٩٥٨ | ١٢ | ٤ر١٣ | ١٠٩ | ٢ر٥٧ |
| | الشارقة | ٢١ ٢٥ | ٥٥ ٢٣ | | ١٩٦٩-١٩٦٠ | ١٠ | ٤ر١٤ | ٨٣ | ١ر٩١ |

(ج) السرعة الاسمية (Rated Speed) وهي أصغر سرعة للرياح تنتج عندها التوربينة قدرتها الاسمية، وإذا زادت سرعة الرياح عن السرعة الاسمية فإن خرج التوربينة يبقى ثابتا عند قيمته الاسمية.

وجميع هذه المؤشرات يحددها تصميم التوربينة الهوائية وشكل وأبعاد ريشها ونوعية المواد المستخدمة في صنعها ...الخ.

وقد تم حساب قيم معامل توافر المصدر للمواقع المذكورة في الجدول (١) لسرعات مباشرة وسرعات اسمية مختلفة وسرعة فصل تزيد على ٢٥م/ث وذلك على أساس أن القدرة الناتجة عن التوربينة الهوائية تتناسب مع مربع السرعة في الحدود الواقعة بين سرعة المباشرة والسرعة الاسمية، وتكون ثابتة عند قيمة القدرة الاسمية في الحدود الواقعة ما بين السرعة الاسمية وسرعة الفصل.

ويعرض جدول (٢) ملخصا لهذه النتائج دون الدخول في تفاصيلها وذلك لسرعات مباشرة تتراوح ما بين ٢ - ٣٫٥ م/ث وسرعات اسمية ما بين ٧ - ١١ م/ث.

ثالثا - <u>الاستخدامات الممكنة لطاقة الرياح في منطقة الاسكوا</u>

١ - <u>توليد الكهرباء</u>

يعتبر توليد الكهرباء من طاقة الرياح أحد الاستخدامات الهامة والمطلوبة، وخاصة للمجتمعات الريفية والنائية في منطقة الاسكوا حين يكون ربط هذه المناطق بالشبكة الرئيسية باهظ التكاليف، لأن استهلاك هذه المجتمعات من الكهرباء ليس بالقدر الكبير، بالاضافة الى بعد هذه المناطق في أكثر الأحيان عن خطوط نقل الكهرباء بمسافات كبيرة مما يجعل تكاليف انشاء خطوط كهربائية تربط هذه المناطق بالشبكة الرئيسية أمرا غير اقتصادي، وعند ذلك يصبح من الأجدى من الناحية الاقتصادية اعتماد هذه المناطق على منظومات مستقلة لتوليد الكهرباء، وجرت العادة على استخدام آلات الاحتراق الداخلي (غالبا ما تكون محركات الديزل) لتشغيل مولدات كهربائية من أجل تلبية احتياجات هذه المجتمعات من الكهرباء، ولكن صعوبة نقل الوقود بصورة مستمرة الى هذه المناطق، بالاضافة الى صعوبة إصلاح وصيانة آلات الاحتراق الداخلي يمثلان مشكلة هامة أمام استخدام هذا النوع من التكنولوجيات، وتعتبر منظومات توليد الكهرباء من الرياح من البدائل المناسبة في حالة توافر الرياح بشكل يجعل هذا الاستخدام ذا جدوى اقتصادية.

كما أن توافر الرياح بسرعات عالية نسبيا في بعض المواقع (مثل جزيرة سقطرى في اليمن الديمقراطي، ورأس غارب في مصر ورأس منيف في الأردن وجزيرة حلول في قطر) يشجع كثيرا على إقامة مزارع للرياح مكونة من عشرات بل مئات من الوحدات ترتبط بالشبكة الرئيسية وتغذيها بالكهرباء في ساعات هبوب الرياح بسرعات مناسبة، وذلك توفيرا للوقود الذي تستهلكه المحطات الحرارية التي تعتبر مصادر التغذية الرئيسية للشبكة، وقد بدأ كل من مصر والأردن فعلا بإقامة مزارع تجريبية للرياح لدراسة المشاكل الفنية والجدوى الاقتصادية لهذه المزارع في ضوء الظروف المحلية ولاكتساب خبرة أكثر في مجال مزارع الرياح. وفي حالة نجاح هذه التجارب وثبوت جدواها الفنية والاقتصادية فسوف يكون ذلك بداية لعهد جديد في تنويع مصادر الطاقة في كلا البلدين.

جدول (٢)

| البلـــــد | الموقـــــع | حدود تغير معامل توافر المصدر |
|---|---|---|
| البحريـــن | البحـــرق | ٠ر٣٨ - ٠ر١٣ |
| اليمن الديمقراطي | مطار عـدن | ٠ر٣١ - ٠ر١٢ |
| | مطار الريان | ٠ر٢٦ - ٠ر١٠ |
| | جزيرة سقطرى | ٠ر٦٠ - ٠ر٣٣ |
| مصـــر | رأس غارب (١٠م) | ٠ر٧٩ - ٠ر٤٨ |
| | رأس غارب (٢٠م) | ٠ر٨٣ - ٠ر٥٣ |
| | الغردقـــة | ٠ر٦٠ - ٠ر٣٤ |
| | رأس الحكمة (١٠م) | ٠ر٤١ - ٠ر١٢ |
| | رأس الحكمة (٢٠م) | ٠ر٥٣ - ٠ر١٧ |
| الأردن | رأس صنيـف | ٠ر٦٢ - ٠ر٢٦ |
| الكويـت | الأحمـــدي | ٠ر٤٦ - ٠ر١٥ |
| عمـــان | مصيـرة | ٠ر٤٠ - ٠ر١٣ |
| | ثمريـــت | ٠ر٤٧ - ٠ر٢٢ |
| قطـــر | الدوحة | ٠ر٢٩ - ٠ر٠٩ |
| | رأس ركان | ٠ر٥١ - ٠ر١٩ |
| | جزيرة حلول | ٠ر٥٣ - ٠ر٢٥ |
| المملكة العربية السعودية | رأس تنورة | ٠ر٣٨ - ٠ر٠٨ |
| الجمهورية العربية السورية | القنيطرة | ٠ر٥٧ - ٠ر٣٦ |
| | تدمـــر | ٠ر٣٧ - ٠ر٢٢ |
| | البوكمال | ٠ر٣٠ - ٠ر١٧ |
| | قرانشوك | ٠ر٢٤ - ٠ر١٣ |
| الامارات العربية المتحدة | جبل الظنة | ٠ر٣١ - ٠ر٠٩ |
| | جزيرة داس | ٠ر٣١ - ٠ر١٠ |
| | الشارقـة | ٠ر٣٣ - ٠ر٠٩ |

وتقيم الجدوى الاقتصادية لمنظومات توليد الكهرباء من الرياح سواء، المستقلة منها أو المرتبطة بالشبكة انطلاقا من تكاليف انتاج وحدة الطاقة الكهربائية (ك. و. س) المنتجة من المنظومة والتي يمكن حسابها من العادلة التقريبية التالية:

$$ك = \frac{س}{م} (٠٫٠٨٤ هـ + ٠٫١١٤ حـ + ٠٫٠٠٦٦) \qquad (١)$$

ك - تكاليف انتاج الكيلووات ساعة من المنطقة مقدرا بالسنت الأمريكي.

س - رأس المال المستثمر في شراء ونقل المعدات وإقامة المنظومة مقدرا بالدولار الأمريكي لكل كيلووات مركب.

م - معامل توافر المصدر.

هـ - الفائدة السنوية مقدرة بالدولار على كل دولار من رأس المال المستثمر.

حـ - تكاليف التشغيل والصيانة السنوية مقدرة بالدولار لكل دولار من رأس المال المستثمر.

وهذه المعادلة التقريبية صحيحة لفائدة سنوية تتراوح بين ٠٫٠٤ ، ٠٫١٦ ولعمر افتراضي للمنظومة يقدر بحوالي خمسة عشر عاما.

وتتراوح عادة قيمة رأس المال المستثمر بين ١٠٠٠ - ٣٠٠٠ دولار لكل كيواوات مركب. وتختلف أسعار شراء المعدات حسب البلد المنتج لها وتصميم ومواصفات المنظومة والمواد المستخدمة في مكوناتها، كما تختلف تكاليف إقامة المنظومة حسب الموقع التي سوف تركب فيه، وتكاليف الأيدي العاملة، والمواد الانشائية في هذا الموقع.

ومن نظرة سريعة على معادلة حساب تكاليف انتاج وحدة الطاقة من منظومة الرياح نجد هذه التكاليف تعتمد على توافر الرياح في الموقع بالاضافة الى مواصفات التوربينة الهوائية (وخاصة سرعتها الاسمية) بقدر اعتمادها على رأس المال المستثمر في شراء ونقل وإقامة المعدات، ولتوضيح ذلك يفترض على سبيل المثال موقع معين أقيمت فيه منظومتان للرياح بنفس القدرة الاسمية ونفس التكاليف الرأسمالية ولكن للتوربينة الهوائية في المنظومة الأولى سرعة اسمية أصغر من السرعة الاسمية للتوربينة في المنظومة الثانية، وفي هذه الحالة تكون تكاليف انتاج الكيلووات ساعة من المنظومة الأولى أصغر من نظيرها من المنظومة الثانية، ولذلك فإن المفاضلة بين منظومات مختلفة من ناحية جدواها الاقتصادية يجب أن تتم على أساس تكاليف انتاج وحدة الطاقة وليس على أساس أسعار المعدات.

٢- ضخ المياه

(أ) الضخ المباشر للمياه السطحية أو الجوفية

تستخدم في هذا النظام التوربينة الهوائية ذات الشكل المروحي والتي تدير مضخة ماصة - كابسة (ترددية) لضخ المياه مباشرة من الآبار، ويتراوح عدد الريش في هذا النوع من التوربينات من ست الى أربع وعشرين ريشة، ويصلح هذا النوع من التوربينات لضخ المياه من الأنهار والقنوات والآبار قليلة الأعماق، وتكون قدرة التوربينة في حدود خمسة كيلووات أو أقل، وهي تصلح لري المساحات الصغيرة من الأراضي. ويعتبر هذا النوع من التوربينات من أبسط الأنواع المعروفة، وقد سبق أن تم تصنيع أنماط مختلفة منه ومن المضخة الملحقة به في بعض الأقطار العربية وبامكانيات بسيطة، وتقوم بعض مؤسسات البحث والتطوير في المنطقة العربية في الوقت الحالي باعداد تصميمات ونماذج من هذه التوربينات والمضخات أكثر تطورا من تلك التي استخدمت في الخمسينيات، وتقدر تكاليف انتاج هذه التوربينات بحوالي ٥٠ - ١٥٠ دولار لكل متر مربع من المساحة المسوحة (Swept area). ولكن معظم المؤسسات الانتاجية في البلدان الصناعية عزفت عن انتاج هذا النوع من التوربينات، والقى عبء تطوير هذه التوربينات على عاتق البلدان النامية، وتقوم بعض الهيئات في البلدان الصناعية مثل مجموعة تطوير التكنولوجيا الوسيطة (ITDG) بالمملكة المتحدة ومجموعة عمل تطوير التكنولوجيا (WOT) بهولندا وغيرها من الهيئات بالتعاون مع البلدان النامية في هذا المضمار.

(ب) استخدام المضخات الهوائية «٨»

تكون المضخات الهوائية عادة ذات قدرات أعلى من المضخات التي تستخدم مع التوربينات المذكورة في البند السابق، وتقوم التوربينة الهوائية في هذا النظام بادارة ضاغط هوائي (air compressor) وذلك للحصول على هواء تحت ضغوط عالية يستخدم لإدارة مضخة هوائية يمكنها ضخ المياه من أعماق كبيرة. وفي أحد التصميمات تتكون التوربينة التي تدير الضاغط من أربع ريش فقط بقطر يبلغ حوالي ٢٫٥ متر، ويمكنها ضخ ما يقرب من متر مكعب واحد في الساعة لرفعه من عمق عشرين مترا الى ارتفاع حوالي عشرة أمتار. ويمكن لهذا النوع من المضخات رفع المياه من أعماق تصل الى ستين مترا ولكن بكمية تصرف أقل قد تصل الى ٢٠٠ لتر في الساعة. ويقدر سعر التوربينة والضاغط والمضخة بالحجم المشار اليه بحوالي ٧٠٠ دولار أمريكي.

(ج) استخدام الطاقة الكهربائية المولدة من الرياح

تدير التوربينة الهوائية في هذا النظام مولدا كهربائيا يقوم بدوره بتغذية محرك كهربائي يدير مضخة يمكنها ضخ المياه من الآبار أيا كانت أعماقها، ويتم ضخ المياه اما الى المزارع مباشرة أو الى خزان طبيعي أو صناعي للاستفادة من المياه عند الحاجة اليها في الري. وتكون التوربينة الهوائية في هذه الحالة من النوع ذي المحور الأفقي بريشتين أو ثلاث، أو تكون من النوع ذي المحور الرأسي Darrious ويمكن أن تصل قدرة هذا النوع من التوربينات الى عشرات الكيلووات كما يمكن أن تتجاوز ذلك الى مئات الكيلووات، وفي هذه الحالة تشمل التوربينة والمولد والمحرك والمضخة والخزان في

مجموعها منظومة متكاملة لضخ المياه بكمية وافرة من الآبار العميقة لري مساحات كبيرة من الأراضي الزراعية وذلك في حالة توفر الرياح بسرعات مناسبة، ولهذه المنظومات مميزات كثيرة من أهمها:

- المرونة الكبيرة في اختيار موقع إقامة التوربينة الهوائية بالنسبة لموقع البئر.

- إمكان استخدام مضخات من النوع الذي يمكن غمره تحت الماء (submersible) أو من النوع التوربيني ذي العمود (shaft-type turbine) وذلك بدلا من المضخات الترددية في حالة الربط المباشر مع التوربينة الهوائية.

- إمكان استخدام توربينات هوائية ذات قدرات عالية قد تصل الى مئات الكيلووات والتي تكفي لري مساحات كبيرة من الأراضي الزراعية.

- إمكان ربط هذه المنظومة بشبكات كهرباء الريف - إن وجدت - لضمان استمرارية الضخ مع تخفيض استهلاك الكهرباء من هذه الشبكات.

وتقدر الطاقة اللازمة لضخ متر مكعب واحد من المياه من عمق متر واحد بحوالي $\frac{١}{٣٦٥\ ف}$ ، حيث هي الكفاءة الهيدروليكية لنظام الضخ (المحرك والمضخة وملحقاتهما) والتي تتراوح عادة ما بين ٠ر٤ - ٠ر٧، أي أن الطاقة اللازمة لضخ كمية ل متر مكعب من المياه من عمق ع متر (وهذا يمثل عمق المضخة + عمق مصدر المياه + ارتفاع الخزان + العمق المكافىء للفاقد من ضغط المياه نتيجة مرورها في الأنابيب) تقدر بحوالي ط = $\frac{ل \times ع}{٣٦٥\ ف}$ كيلووات ساعة. (٢)

وإذا دمجنا المعادلتين (١) و (٢) نجد أن تكاليف ضخ كمية ل متر مكعب من المياه من العمق الكلي ع متر يقدر بحوالي ح سنت أمريكي حيث

$$ح = \frac{س \times ل \times ع}{٣٦٥ \times ف \times م} \quad (٠ر٠٠٨٤ هـ + ٠ر٠١١٤ حـ + ٠ر٠٠٦٦) \qquad (٣)$$

ويمكن تقدير الطاقة اللازمة لضخ متر مكعب واحد من المياه لكل متر عمق كلي بكمية تتراوح من ٤ الى ٧ وات ساعة. وقد قدرت بعض الدراسات تكاليف ضخ المياه بماكينات الديزل في احدى المناطق النائية في جمهورية مصر العربية بحوالي ١٢ سنتا أمريكيا للمتر المكعب من عمق مائة متر، ولأغراض المقارنة نعتبر هذا الموقع بالقرب من منطقة رأس غارب ونفترض إقامة منظومة لضخ المياه فيه بواسطة طاقة الرياح مواصفاتها كالتالي:

| | |
|---|---|
| سرعة المباشرة | ٣ر٥ م/ث |
| السرعة الاسمية | ٧ م/ث |
| سرعة الفصل | ٨٠ م/ث |
| القدرة الاسمية | ٢ر٥ ك.و. |
| أسعار المعدات | ١٦٠٠ دولار أمريكي |

وهي مواصفات توربينة تنتجها احدى الشركات العالمية ارتفاع برجها حوالي عشرين متراء ثم نفترض إضافة ٥٠ في المائة على سعر المعدات لتغطية تكاليف المحرك والمضخة ونقل المعدات وتركيبها بحيث تصل التكاليف الرأسمالية الى حوالي عشرة آلاف دولار. وهنا نجد أن تكاليف ضخ المتر المكعب من المياه من عمق مائة متر في هذا الموقع تكون حوالي ٣-٥ سنت أمريكي، وذلك باستخدام المنظومة وباعتبار أن الفائدة على رأس المال المستثمر ١٠ر٠، وتكاليف التشغيل والصيانة السنوية تساوي ٠٤ر٠ .

وبهذا يمكن القول إن منظومات طاقة الرياح تنافس محركات الاحتراق الداخلي (الديزل وغيرها) من ناحية جدواها الاقتصادية في كثير من المناطق النائية والريفية في بلدان المنطقة.

٣- اعذاب المياه المالحة أو المسوس باستخدام طاقة الرياح

لا تتوفر المياه العذبة، سواء السطحية أو الجوفية، دائما بالقرب من المجتمعات الصحراوية النائية، ولكن تتوفر في بعض الأحيان بالقرب من هذه المجتمعات المياه الجوفية شبه المالحة (المسوس) التي تتراوح ملوحتها بين ١٠٠٠ - ١٠ر٠٠٠ جزء في المليون، أو مياه البحر المالحة التي تصل ملوحتها أحيانا الى ٥٥ ٠٠٠ جزء في المليون اذا كانت هذه الأراضي قريبة من السواحل. وفي كلتا الحالتين يمكن استخدام طاقة الرياح في عمليات اعذاب هذه المياه للاقلال من ملوحتها ثم استعمالها ويكون ذلك باستخدام إحدى طريقتين هما:

(أ) طريقة التناضح العكسي (الضغط الاسموزي العكسي)

وتعتمد هذه الطريقة على الظاهرة المعروفة علميا وهي أنه إذا تم عزل محلول يحتوي على مادة ذائبة غير قابلة للتبخر عن مذيبه النقي بواسطة غشاء يسمح بمرور المذيب ويقاوم مرور المادة الذائبة فسوف ينشأ ضغط تناضحي (اسموزي) نحو المحلول بغرض الاقلال من تركيزه، وتزداد قيمة هذا الضغط كلما زاد تركيز المحلول، وفي حالة التأثير على الغشاء بضغط أكبر من الضغط التناضحي (الاسموزي) من ناحية المحلول فإن المذيب سوف يتجه تلقائيا من المحلول نحو المذيب النقي في الجهة الأخرى من الغشاء. وهذا الضغط الزائد الذي يعكس العملية الطبيعية العادية يسمى بالضغط الاسموزي العكسي (التناضح العكسي) ويمكن استغلال هذه الظاهرة في عزل الماء العذب (المذيب) من الماء المالح (المحلول).

والطاقة التي تتطلبها عملية التناضح العكسي هي طاقة ميكانيكية يمكن الحصول عليها مباشرة من مضخة تدار بتوربينة هوائية، ولكن في المعتاد تستخدم منظومة رياح لتوليد طاقة كهربائية تغذي معدات اعذاب المياه، وتقدر كمية الطاقة ط المطلوبة لاعذاب متر مكعب واحد من المياه «م٣» بفرض أن كفاءة المضخة في جهاز اعذاب المياه ٧٠ر٠ كالتالي:

$$ط = \frac{ص}{٣٥ ر} \text{ كيلووات ساعة/م}^{٣}$$

حيث ص = ضغط التشغيل مقدرا بالبار

ر = نسبة الاستعادة أي النسبة بين حجم المياه العذبة الناتجة وحجم المياه المالحة المعالجة.

وبالنسبة للمياه شبه البالحة (السسوس) فإن أغشية أجهزة التناضح العكسي تعمل عند نسبة استعادة تتراوح بين ٧٥ر٠ - ٩٠ر٠ وعند ضغوط تشغيل تتراوح بين ٣٠ - ٤٠ وحدة ضغط جوي (وحدة الضغط الجوي = ٩٨٦٩ر٠ بار). أما بالنسبة لمياه البحر فإن نسبة الاستعادة تكون بين ٢٠ر٠ - ٣٠ر٠ وعند ضغوط تشغيل تتراوح بين ٦٠ - ٧٠ وحدة ضغط جوي. وبذلك تقدر كمية الطاقة المطلوبة لاعذاب متر مكعب واحد من المياه السسوس بحوالي ٣ر١ كيلووات ساعة/م$^{٣}$ ومن مياه البحر بحوالي ٨ر١٣ كيلووات ساعة/م$^{٣}$.

وتستهلك وحدات إزالة الملوحة بالتناضح العكسي، المركبة في كل من محطة الحسين الحرارية ومصفاة النفط في الأردن وهي وحدات تغذى بالطاقة الكهربائية من مصادر تقليدية، حوالي ٥ر٢ كيلووات ساعة لكل متر مكعب من المياه العذبة بما في ذلك الطاقة المستخدمة في الاضاءة وبعض الاستخدامات الأخرى.

ويمكن حساب القدرة الاسمية ق لمنظومة رياح من أجل تغذية مجتمع تقدر احتياجاته من المياه العذبة ل متر مكعب يوميا ومعامل توافر مصدر الرياح م في موقع إقامة منظومة الرياح، بالمعادلة التالية:

$$ق = \frac{ص \times ل \times م}{٦٠٠ ر} \quad \text{كيلووات}$$

ومع أن الرياح تعتبر مصدرا متغيرا للطاقة فإن استخدامها في إعذاب المياه بالتناضح العكسي لا يؤثر على أداء المنظومة حيث أن تدفق المحلول لا يستدعي بالضرورة أن يكون ثابت الوتيرة وبهذا يعتبر استخدام الرياح لانتاج المياه العذبة متميزا من الناحية الاقتصادية.

(ب) طريقة الديلزه الكهربائية (التحليل الكهربائي النوعي)

تعتمد هذه الطريقة على انه إذا مر تيار كهربائي مباشرة خلال محلول متأين بواسطة قطبين احداهما سالب والآخر موجب فإن الأيونات الموجبة سوف تتجه نحو القطب السالب والأيونات السالبة سوف تتجه نحو القطب الموجب، فإذا وضعت أغشية بين هذين القطبين بحيث تتميز بعضها بخاصية السماح بمرور الأيونات الموجبة فقط والبعض الآخر بالسماح بمرور الأيونات السالبة فقط، أمكن حينئذ وجود مناطق بين الأغشية تحتوي على كميات من المحلول بتركيز زائد ومناطق أخرى تحتوي على كميات من المحلول بتركيز منخفض، فاما المحلول ذو التركيز الزائد فيكون هو الرجيع، وأما المحلول ذو التركيز المنخفض فيكون هو المياه التي تم إعذابها. ويكون دور طاقة الرياح في هذه الطريقة هو توليد الطاقة الكهربائية اللازمة لمرور التيار بين الأقطاب الموجبة والسالبة.

وما يزال اعذاب المياه باستخدام هذه الطريقة مرتفع التكاليف اذا ما قورن بطريقة التناضح العكسي.

٤ - تصنيع الثلج باستخدام طاقة الرياح

تعاني مجتمعات صيادي الأسماك المنتشرة على سواحل بلدان منطقة الاسكوا من مشكلة خطيرة هي أن الأسماك التي يتم صيدها تفسد قبل وصولها الى مراكز الاستهلاك البعيدة عن هذه

المجتمعات بسبب شدة حرارة الطقس في المنطقة. وبما أن معظم هذه المناطق الساحلية تتمتع بوفرة الرياح فيها فإن من الممكن استخدام طاقة الرياح لتشغيل أجهزة تصنيع الثلج من مياه البحر وذلك لحفظ الأسماك حتى نقلها الى مراكز الاستهلاك. وأهم ما يتميز به هذا الاستخدام لطاقة الرياح أن المنتج وهو الثلج يمكن تخزينه بسهولة أثناء توافر الرياح بكميات مناسبة ثم استخدامه عند الحاجة، وبذلك يتم الاستغناء كلية عن وسائل تخزين الطاقة الكهربائية أو غيرها، الأمر الذي يجعل توليد الطاقة الكهربائية من الرياح في هذه الحالة أفضل من ناحية الجدوى الاقتصادية.

وتقدر كمية الطاقة المطلوبة لتصنيع الثلج من مياه البحر بحوالي ٥٠ - ٨٠ كيلووات ساعة لكل طن من الثلج للمنشآت الكبيرة (٦ طن يوميا) ومن ٨٥ - ١٠٠ كيلووات ساعة لكل طن من الثلج للمنشآت الصغيرة (٣ طن يوميا).

رابعا- <u>الأنشطة القائمة والمخططة في مجال طاقة الرياح في منطقة الاسكوا</u>

سبق أن نشرت الاسكوا في دراساتها وتقاريرها «٥ ، ٩» معلومات حول الأنشطة القائمة في المنطقة في مجال طاقة الرياح حتى عام ١٩٨٥، وسوف نوجز فيما يلي أهم ما ورد في هذه الدراسات ثم نتحدث باسهاب أكثر عما استجد من أنشطة خلال عام ١٩٨٦-١٩٨٧ وذلك في حدود المعلومات المتوفرة لدى الاسكوا.

١- <u>تقييم طاقة الرياح</u>

تقوم بلدان عديدة في المنطقة بانشاء شبكات لقياس سرعات الرياح واتجاهاتها بهدف تقييم الرياح كمصدر للطاقة، ومن هذه البلدان مصر والأردن والكويت وعمان والمملكة العربية السعودية، ولكن أبرز هذه الأنشطة هي الذي تقوم بها كل من هيئة الطاقة الجديدة والمتجددة في وزارة الكهرباء في مصر والجمعية العلمية الملكية وإدارة الطاقة المتجددة في وزارة الطاقة في الأردن.

وقد أقامت هيئة الطاقة الجديدة والمتجددة في مصر تسع عشرة محطة لقياس سرعات الرياح واتجاهاتها في تسعة عشر موقعا على سواحل البحر الأحمر (رأس غارب - الغردقة - رأس جولان - أبو غصون)، والبحر المتوسط (رأس الحكمة - الأبيض - القصر) وشرق العوينات وشبه جزيرة سيناء، وقد جهزت هذه المحطات بأحدث الأجهزة لتسجيل المعلومات وحفظها ثم تحليلها على حاسبات الكترونية في مقر الهيئة، وقد استخدم بعض من هذه المعلومات المسجلة خلال عام ١٩٨٥-١٩٨٦ في البيانات المدرجة في كل من جدول (١) و (٢) من هذه الورقة.

كما أقامت الجمعية العلمية الملكية في الأردن مجموعة من محطات القياس في جسر الرويشد ورأس منيف والخرانة وجرف الدراويش وغيرها من المواقع لتقييم طاقة الرياح فيها، كما أن إدارة الطاقة المتجددة في وزارة الطاقة الأردنية تقيم مجموعة أخرى من محطات قياس الرياح وذلك بهدف إعداد خريطة لتوزيع طاقة الرياح في الأردن.

٣ - مشروعات البيان العملي في مجال طاقة الرياح

(أ) أقيمت بعض الوحدات التجريبية في كل من اليمن الديمقراطي وعمان والجمهورية العربية السورية، والجمهورية العربية اليمنية لضخ المياه باستخدام طاقة الرياح سواء بالضخ المباشر (عمان والجمهورية العربية اليمنية) أو عن طريق تحويل طاقة الرياح الى طاقة كهربائية ثم استخدامها بعد ذلك في تغذية محرك كهربائي لإدارة المضخة (اليمن الديمقراطي) كما أقيمت محطة تجريبية في درعا في الجمهورية العربية السورية لتوليد الكهرباء من الرياح لتغذية محطة اتصالات. ولكن معظم هذه الوحدات قد أزيلت أو أهملت لسبب أو لآخر.

(ب) أقامت وزارة الكهرباء المصرية الوحدات التجريبية التالية:

- وحدة لتصنيع الثلج قدرتها الاسمية ٥٥ ك.و. ويعمل معها محرك ديزل على التوازي كاحتياطي لها وذلك في منطقة أبو غصون على ساحل البحر الأحمر وقد بدأ تشغيل هذه الوحدة عام ١٩٨٧.

- وحدة لضخ المياه قدرتها الاسمية ٣٠ ك.و. في منطقة شرق العوينات قرب الحدود السودانية الليبية المصرية وقد بدأ تشغيل هذه الوحدة عام ١٩٨٧.

تعاقدت هيئة الطاقة الجديدة والمتجددة في وزارة الكهرباء المصرية على:

- مزرعة للرياح لتوليد الكهرباء تضم أربع وحدات القدرة الاسمية لكل منها ١٠٠ ك.و. تقام في رأس غارب على البحر الأحمر، وينتظر أن يبدأ تشغيل هذه المزرعة في النصف الأول من عام ١٩٨٨.

- وحدتين القدرة الاسمية لكل منهما ١٠٠ ك.و. لتحلية المياه بواسطة طريقة التناضح العكسي لاقامتها في الغردقة على ساحل البحر الأحمر.

- أربع وحدات (٣×٣٠ + ٢×١٠٠) قدرتها الاسمية الكلية ٢٦٠ ك.و. لاقامتها في القرية الشمسية في منطقة شرق العوينات لتوليد الكهرباء وضخ المياه.

- وحدة قدرتها الاسمية ٣٠ ك.و. لإنارة بعض القرى بجوار مدينة رأس الحكمة على ساحل البحر المتوسط.

وأقامت وزارة الدفاع المصرية وحدة لتحلية المياه بطريقة التناضح العكسي قدرتها الاسمية ٢٥ ك.و. تعمل مع محرك ديزل على التوازي كاحتياطي لها في منطقة مرسى مطروح، والتوربينة الهوائية لهذه الوحدة ذات ريشة واحدة. كما أقامت وزارة الدفاع المصرية أيضا مزرعة رياح تضم خمس وحدات قدرة كل منها ٢٠٠ ك.و. (أي بقدرة مجموعها واحد ميجاوات) وتعمل معها مجموعة من محركات الديزل على التوازي قدرتها واحد ميجاوات وذلك في منطقة سيدي براني بالقرب من الحدود المصرية الليبية.

كما أقامت الجامعة الأمريكية في القاهرة وحدة لتوليد الكهرباء وضخ المياه قدرتها الاسمية ١٠ ك.و. في مدينة السادات على الطريق الصحراوي بين القاهرة والاسكندرية.

(ج) أقامت الجمعية العلمية الملكية في الأردن عددا من الوحدات التجريبية لضخ المياه بواسطة طاقة الرياح في كل من الخرانة وجسر الرويشد والبدورة ولكن أهم المشروعات التي تنفذها الجمعية هو مشروع القرية النائية في جرف الدراويش على الطريق بين عمان والعقبة وفي هذه القرية أقيمت وحدتان لتوليد الطاقة الكهربائية من الرياح قدرة كل منهما ٣٠ ك.و. بالاضافة الى وحدة أخرى قدرتها ١٧٫٥ ك.و. وتعمل هذه الوحدات الى جانب وحدة للخلايا الفوتوفولطية قدرتها القصوى ١٥ ك.و. في ضخ المياه والاضاءة وتلبية الاحتياجات الأخرى للقرية من الطاقة الكهربائية، ويعتبر هذا المشروع أول مشروع متكامل لاستخدام طاقتي الرياح والشمس لتوفير احتياجات مجمّع سكاني من الطاقة في الأردن.

ومن جانب آخر تقيم وزارة الطاقة الأردنية حاليا في منطقة الابراهيمية نواة لمزرعة رياح تتكون من أربع وحدات القدرة الاسمية لكل منها ٧٥ ك.و. سوف يتم ربطها بالشبكة الرئيسية للأردن. والهدف من إقامة هذه الوحدات هو دراسة المشاكل الفنية والجدوى الاقتصادية لتغذية الشبكة الرئيسية بالطاقة الكهربائية المولدة من الرياح. ومن المتوقع بدء تشغيل الوحدة الأولى في هذه المزرعة خلال شهر مارس/آذار ١٩٨٨. ويعتبر هذا المشروع رائدا في منطقة الاسكوا حيث أنه لأول مرة في المنطقة تجري محاولة لربط وحدات توليد الكهرباء من الرياح بالشبكة الرئيسية.

خامسا- نشاط الاسكوا في مجال طاقة الرياح

بالاضافة الى العديد من الدراسات والتقارير والاستشارات التي قدمتها الاسكوا في مجال طاقة الرياح، نظمت الاسكوا ندوة حول «استخدامات تكنولوجيات الطاقة الشمسية وطاقة الرياح ذات القدرات الصغيرة للمناطق الريفية والنائية في منطقة الاسكوا»، وقد قام برنامج الأمم المتحدة الانمائي بتمويل إقامة هذه الندوة. وقد عقدت الندوة في عمان في الفترة من ٢٩ تشرين الثاني/نوفمبر - ٣ كانون الأول/ديسمبر ١٩٨٦ لمناقشة أوراق العمل التي أعدتها الأمانة التنفيذية للاسكوا حول تكنولوجيات الطاقة الشمسية وطاقة الرياح في منطقة الاسكوا بالاضافة الى الخبرة التي اكتسبتها بلدان شمال افريقيا في هذا المجال، وقد تمت كذلك مناقشة الأوراق التي أعدها الخبراء من المنطقة أو خارجها حول هذا الموضوع، كما تمت بلورة مشروعات البيان العملي التالية في مجال طاقة الرياح والتي اعتمدها الاجتماع الفني الحكومي الذي عقد في عمان في ٤ كانون الأول/ديسمبر ١٩٨٦.

١- «إقامة شبكة لقياسات الرياح في بعض المواقع في منطقة الاسكوا»، ويهدف هذا المشروع الى إقامة محطات لقياس خواص الرياح في بعض المواقع المختارة في المناطق الريفية والنائية في منطقة الاسكوا والتي تشير الاحتمالات الى امكانية استخدام طاقة الرياح فيها بصورة اقتصادية.

٢- «التوربينات الهوائية لضخ المياه في المناطق الريفية والنائية في منطقة الاسكوا» ويهدف هذا المشروع الى تقييم التجارب السابقة لاستخدام طاقة الرياح لضخ المياه في منطقة الاسكوا ودراسة الأسباب التي أدت الى فشل هذه التجارب واقتراح الحلول المناسبة للتغلب على هذه المشاكل وخاصة الجوانب الاجتماعية، ثم اختيار بعض المواقع لإقامة نظم جديدة لضخ المياه باستخدام طاقة الرياح مع أخذ الحلول المقترحة في الاعتبار.

٣- «استخدام طاقة الرياح في إزالة ملوحة المياه السوس ومياه البحر في المناطق النائية بمنطقة الاسكوا»، ويهدف المشروع لإقامة وحدتين تعملان بطاقة الرياح احداهما لإزالة ملوحة المياه السوس والأخرى لإزالة ملوحة مياه البحر في منطقتين نائيتين ببلدان الاسكوا، وتقييم الجدوى الفنية والاقتصادية لهذه التكنولوجيا، وكذلك الآثار الاجتماعية لاستخدامها في المناطق النائية ببلدان الاسكوا.

٤- «استخدام طاقة الرياح في تصنيع الثلج في المجتمعات النائية التي تعتمد على صيد الأسماك بمنطقة الاسكوا»، ويهدف المشروع الى إقامة وحدة تجريبية لتصنيع الثلج لحفظ الأسماك تعمل بطاقة الرياح كما يهدف الى تقييم الآثار الاجتماعية والاقتصادية لإدخال هذه التكنولوجيا الى المجتمعات التي يعتبر صيد الأسماك هو النشاط الاقتصادي الأساسي فيها.

٥- «دورة تدريبية وجولة دراسية في مجال تكنولوجيات طاقة الرياح ذات القدرات الصغيرة»، ويهدف المشروع الى عقد دورة تدريبية على إقامة وتشغيل وإصلاح وصيانة معدات المنظومات ذات القدرات الصغيرة والتي تعمل بطاقة الرياح وذلك للمهندسين والفنيين في دول منطقة الاسكوا. ويتبع هذه الدورة جولة دراسية في بعض الدول التي لديها خبرة في استخدامات هذه النظم.

وقد قامت الاسكوا بإعداد وثائق هذه المشروعات بعد دمجها مع بعض المشروعات المماثلة في مجال الطاقة الشمسية، ويجري الآن العمل على توفير التمويل اللازم لتنفيذها.

## الاستنتاجات والتوصيات

١- يتضح من المعلومات التي تم جمعها وتحليلها حول طاقة الرياح في منطقة الاسكوا أنه تتوافر في بعض المواقع في المنطقة كميات من الرياح مناسبة للاستغلال في توليد الطاقة.

٢- توجد أنشطة في بعض دول المنطقة على شكل دراسات وبحوث ومشروعات للبيان العملي حول استغلال طاقة الرياح وخاصة بالنسبة للمناطق النائية، ولكن هذه الأنشطة لم تصل بعد الى المستوى المطلوب في معظم دول المنطقة.

٣- تشير معظم دراسات الجدوى الاقتصادية لاستغلال طاقة الرياح أن تكاليف انتاج الطاقة من الرياح في بعض المواقع في منطقة الاسكوا يمكن أن تقل بكثير عن تكاليف انتاجها من المصادر التقليدية وخاصة بالنسبة للمناطق النائية التي يصعب نقل الوقود اليها.

٤- يمكن أن يكون استغلال طاقة الرياح في توليد الكهرباء وسيلة لتحسين الظروف الاجتماعية والاقتصادية لبعض المجتمعات النائية والتي تكون في معظم الأحيان محرومة من مصادر الطاقة التجارية.

٥- ان التعاون الاقليمي في مجال الدراسات والبحوث ومشروعات البيان العملي لاستغلال طاقة الرياح يمكن أن تكون له نتائج مثمرة تعود بالفائدة على جميع دول المنطقة.

## قائمة بالرموز والوحدات المستخدمة

| | |
|---|---|
| حـ | تكاليف التشغيل والصيانة السنوية مقدرة بالدولار الأمريكي لكل دولار من رأس المال المستثمر. |
| ح | تكاليف ضخ المياه مقدرا بالسنت الأمريكي. |
| ر | نسبة الاستعادة في جهاز تحلية المياه. |
| س | رأس المال المستثمر في شراء ونقل وإقامة منظومة الرياح مقدرا بالدولار الأمريكي. |
| ص | الضغط مقدرا بالبار. |
| ط | كمية الطاقة مقدرة بالكيلووات ساعة. |
| ع | العمق الكلي للضخ مقدرا بالمتر. |
| ف | الكفاءة الهيدروليكية. |
| ق | القدرة الاسمية لمنظومة الرياح مقدرة بالكيلووات. |
| ك | تكاليف انتاج الكيلووات ساعة مقدرا بالسنت الأمريكي. |
| ل | كمية المياه مقدرة بالمتر المكعب. |
| م | معامل توافر المصدر. |
| هـ | الفائدة السنوية مقدرة بالدولار الأمريكي على كل دولار من رأس المال المستثمر. |

## الوحـــدات

| | |
|---|---|
| م | متر |
| م$^2$ | متر مربع |
| م$^3$ | متر مكعب |
| م/ث | متر في الثانية |
| ك.و.س | كيلووات ساعة |

## سادسا- قائمة المراجع الأساسية


١- Energy for Rural Development – Renewable Resources and Alternative Technologies for Developing Countries, National Academy Press, Washington, D.C. 1976.

٢- New and Renewable Energy in the World, UNECWA Publication, Beirut 1981.

٣- محمود عبدالحليم صالح
«نحو مصادر جديدة ومتجددة للطاقات العربية»
المستقبل العربي - أيار/مايو ١٩٨١ ، ص ٨١ - ١٠٠

٤- محمود عبدالحليم صالح
«نبذة مختصرة عن طاقة الرياح في مصر».
ندوة المركز القومي للبحوث عن دور البحث والتطوير في تنمية مصادر الطاقة المتجددة،
القاهرة ١٩٨٢ ، ص ٩١ - ١٠٤.

٥- Salch, M.A, "Wind Energy for Rural and Remote Areas in ESCWA Region", Proceeding of Seminar on "Small Scale Solar and Wind Technologies for Rural and Remote Areas in the ESCWA Region" Amman, 29 November – 3 December 1986.

٦- Salch, M.A. Report on Mission to Egypt, UNESCWA Document E/ESCWA/NR/87//6 March 1987.

٧- Salch, M.A. Report on Mission to Egypt, UNESCWA Document E/ESCWA/NR/88/1 January 1988.

٨- J. Park, "An Air-operated Deep-well Pump with two Types of Windmills", Proceedings of the International Conference on Appropriate Technologies for Semi - Arid Areas:- Wind and Solar Energy for Water Supply, Berlin – West, Sept. 1975.

٩- "Application of Solar and Wind Technologies in the ESCWA Region", ESCWA Document E/ESCWA/NR/87/19, December 1987.