

" تقدير حقل سرعة الرياح في المياه الاقليمية السورية بالاعتماد على معطيات محطة رصد فوق اليابسة "

الدكتور صلاح داوود*

(تاريخ الإيداع 10 / 1 / 2011. قُبل للنشر في 7 / 6 / 2011)

□ ملخص □

يقدم البحث دراسة تحليلية وحسابية لسرعة الرياح فوق البحر على ارتفاعات مختلفة بهدف تقدير حقل الرياح في عرض الشاطئ السوري، بالاعتماد على بيانات محطة رصد جوية متوضعة على اليابسة جنوب مدينة طرطوس، وكذلك حساب متوسط كثافة استطاعة الرياح المتاحة ومتوسط الاستطاعة الكهربائية الفعلية الناتجة عند ارتفاع معين، وبالتالي العمل على إقامة مزارع ريحية في عرض البحر في المياه الإقليمية السورية والاستفادة من الطاقة المتاحة.

الكلمات المفتاحية: طاقة الرياح، توليد الطاقة، محطات ريحية، استطاعة كثافة الرياح.

* أستاذ مساعد - قسم هندسة القوى الميكانيكية - كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية.

Evaluating The Speed of Wind Field in Syrian Legal Water Depending on Observation Station Data Located on The Ground

Dr. Salah Dawoud*

(Received 10 / 1 / 2011. Accepted 7 / 6 / 2011)

□ ABSTRACT □

This paper provides an analytic and enumerative study of wind speed above the sea on different heights for the purpose of evaluating the wind field in Syrian legal water depending on observation station data located in the south of Tartous city. It also calculates the average of wind power density available in the research site and the average of Active electrical power at the same height. Consequently this will lead to build up wind Farms in the sea to generate clean electrical power.

Key Words: wind power, power generating, observation stations, wind farms.

*Assistant Professor, Mechanical Power Department, Tishreen University, Lattakia, Syria.

مقدمة:

يزداد بشكل مضطرب وسريع انتشار استخدام الطاقات البديلة مصدراً مهماً من مصادر الطاقة الكهربائية المنتجة، وخاصة طاقة الرياح، وذلك لانخفاض كلفة سعر الوحدة المنتجة خلال العقد الأخير. بدأت الكثير من الدول الأوروبية والولايات المتحدة الأمريكية برامج طاقة للاستفادة القصوى من طاقة الرياح [1]، وذلك لما تتمتع به هذه الطاقة من ديمومة، ومن اعتبارها صديقة للبيئة، وغير خاضعة للاحتكار، إضافة إلى خطر نضوب الوقود الأحفوري خلال العقود القليلة القادمة. فقامت ببناء مزارع ريحية خلال العقد الأخيرين، والتي شكلت جزءاً مهماً من إنتاجها الكلي من الطاقة الكهربائية المولدة، وقد شاع استخدام هذه الطاقة في البر، وعلى الشواطئ الساحلية، ولكن، وبسبب المشاكل المرافقة لهذه التوضعات من حيث رجفات الظل والضجيج والتغيرات البيئية المحيطة بموقع هذه المزارع، إضافة إلى القيود المفروضة على اليابسة [2]. بدأ خلال السنوات العشر الأخيرة بإنشاء مزارع ريحية في عرض البحر، وذلك بهدف الاقتراب من الحالة المثالية للمزارع الريحية، (سرعة رياح أكبر)، توفر مساحات واسعة ومكشوفة أكبر في عرض البحر منها في البر، قرب صنف الخشونة للبحار من الصفر $Z_0=0.0002m$ ، إضافة إلى انخفاض سطح الاضطراب فوق البحر، مما يسمح بزيادة سرعة الرياح مع الارتفاع عن سطح البحر وانخفاضاً في ارتفاع الأبراج الحاملة للتوربينات الريحية [3,4]. كما أن مصادر الإزعاج والقلق في عرض البحر أقل (ضجيج ورجفات الظل). وبالنتيجة فإن الطاقة المستخلصة من مواقع في عرض البحر تكون أكبر منها على اليابسة بمقدار (30-40%) [5]. إن تقدير الاستطاعة الكهربائية المتولدة من المزارع الريحية المقامة في عرض البحر، يتطلب معرفة بيانات الرياح فوق سطح البحر، من خلال القياسات المباشرة، أو عبر التقديرات المعتمدة على خرائط الطقس العامة، أو من البيانات المعنية التي يمكن الحصول عليها من محطات قريبة على اليابسة مع بعض الشروط المحددة، أما بالنسبة لنا في سورية فقد كان من أبرز توصيات المؤتمر الوطني للطاقة، والذي عقد في دمشق يومي 18-19/3/2010، العمل على تأمين 5000 MW من الطاقة الكهربائية من مصادر طاقة متجددة. لذلك كان من الضروري والمهم دراسة المياه الإقليمية السورية بوصفها بيئة مناسبة لإقامة مزارع ريحية بهدف إنشاء محطات توليد طاقة كهربائية، تساعد في تأمين الطلب المتزايد على الطاقة الكهربائية. وبما أن بيانات القياس المباشر فوق سطح البحر من أجل التطبيقات البحرية مكلفة جداً، ونادرة، وهي غير متوفرة على الإطلاق في سورية، لذلك قمنا في هذا البحث، الذي أجري في جامعة تشرين خلال العام الماضي، بالاستفادة من محطات الرصد والقياس القريبة من السواحل لحساب سرعة الرياح فوق البحر. هناك عدة عوامل تصحيح تأخذ بالاعتبار الارتفاع المانومتري وعامل الموقع، إضافة إلى سكون عمود الهواء فوق محطة الرصد على اليابسة [5.6].

أهمية البحث وأهدافه:

تهدف الدراسة إلى تقدير حقل الرياح في عرض الشاطئ السوري وفي الأماكن ذات الأعماق المناسبة، لإقامة مزارع ريحية لتوليد الطاقة الكهربائية، وذلك بالاعتماد على البيانات المأخوذة من محطة الرصد المتوضعة جنوب مدينة طرطوس، وكذلك حساب الاستطاعة الكهربائية المقدرة في الموقع المدروس. لتساهم في تأمين الطلب المتزايد على الطاقة الكهربائية في القطر، وذلك من خلال إقامة محطات توليد طاقة ريحية (طاقة نظيفة وصديقة للبيئة) تتوضع فوق البحر وفي المياه الإقليمية السورية.

طرائق البحث ومواده:

قمنا في هذا البحث بالاعتماد على معطيات محطة الرصد المتوضعة على الاحداثيات $35^{\circ} 53' 12'' E$ مدينة طرطوس [4].
مع ارتفاع عمود الهواء $Z=13.7 m$ ، الواقعة على بعد $150 m$ عند الطرف الجنوبي من

بالاستناد إلى العلاقة (1) تم تعديل قياس سرعة الرياح المأخوذة من جداول المحطة، ولمدة عشر سنوات لتصبح مناسبة لارتفاع $10m$.

$$U/U_{10}=(Z/10)^p \quad (1)$$

حيث إن:

U سرعة الرياح

U_{10} سرعة الرياح على ارتفاع $10 m$

Z ارتفاع عمود الهواء

يتم تحديد العامل P يحدد بشكل تجريبي، وقد تم اختياره من قبل العديد من المستخدمين مساوياً للقيمة $(1/7)$ من أجل شروط ثبات وسطية، وقانون القدرة يزود بتقريب مقبول فوق معدل الارتفاعات المفيدة وأكثر واقعية، مقارنة بالقانون اللوغاريتمي، من أجل منحني الرياح في الطبقة الحدية [7]، ولإيجاد علاقة رياضية بين سرعة الرياح على اليابسة وسرعتها فوق سطح البحر، يجب الأخذ بالحسبان عامل الموقع R_L ، والاختلاف الحراري بين درجة حرارة الهواء فوق سطح البحر ودرجة حرارة الماء (ΔT) وفق الآتي:

عامل الموقع R_L : يأخذ بالحسبان أن حقل الرياح البعيد عن الشاطئ يخضع لتغيرات في سرعته واتجاهه عندما يقترب من اليابسة، فإذا كانت محطة اليابسة مجاورة للساحل، عندها يمكن أن يعدّ عامل الموقع مساوياً للواحد [6] .
وبما أن محطة طرطوس مجاورة لخط الساحل فإن عامل تصحيح الموقع يعتبر مساوياً إلى الواحد وبالتالي العلاقة الرياضية السابقة موافقة تماماً لحالة بحثنا.

عامل التصحيح الثابت:

يأخذ الاعتبار الاختلاف الحراري بين الهواء والبحر (ΔT) والشروط الطبيعية غير المستقرة. وفي الحالات التي تكون فيها الاختلافات الحرارية المطلقة بين الهواء والبحر صغيرة $(|\Delta T| \leq 5^{\circ}C)$ يمكن إهمال تأثير الاختلافات الحرارية على سرعة الرياح واتجاهها.

بالنتيجة تكون العلاقة بين سرعة الرياح فوق البحر وسرعتها على اليابسة ذات طبيعة خطية [7]:

$$U_{Sea} = A + B.U_{Land} \quad (2)$$

حيث A, B يحددان بشكل تجريبي بما يناسب البيانات [8].

نتيجة لتحليل القياسات المتزامنة للمواقع على اليابسة والمواقع في عرض الشاطئ تم اعتماد المعادلة الخطية التالية للاستخدام التشغيلي [7]:

$$U_{Sea} = 1.62 + 1.17U_{Land} \quad (3)$$

حيث U_{Land} و U_{Sea} تقدر ب m/sec

وهذا يتوافق مع المعادلة (2)، ويمكن تطبيقها حتى مسافات تبعد $16 Km$ ، عن محطة الرصد الشاطئية [9].

ويتطبيق معطيات محطة الرصد في طرطوس تم التوصل إلى تقدير حقل الرياح في الشاطئ السوري ومعرفة سرعة الرياح عند ارتفاعات مختلفة، وبعد ذلك قمنا بحساب متوسط كثافة استطاعة الرياح المتاحة، ومتوسط الاستطاعة الكهربائية الناتجة وذلك بالاعتماد على توزيع بيل وتابع الكثافة الاحتمالي [4,5].

النتائج والمناقشة:

قمنا بأخذ بيانات محطة الرصد على مدى عشر سنوات كما هي مبينة في الجدول رقم (1).

الجدول (1) البيانات الريحية لمحطة الرصد على ارتفاع 13.7m

UTC	jan	feb	mar	Apr	may	Jun	jul	aug	sep	oct	nov	dec	Year
0	4.5	4.5	4	3.3	2.4	2.2	1.9	1.8	1.4	2.2	3.2	4.1	3.0
3	4.2	4.4	4.1	3.2	2.4	2.3	2.2	2.1	1.4	2.5	3.2	4	3.0
6	4.2	4.2	3.7	3.2	2.7	2.6	2.5	2.3	1.3	2.1	3.1	3.7	3.0
9	4.8	5	4.9	4.6	4.2	3.7	3.5	3.4	3	3.8	3.8	4.4	4.1
12	5.1	5.1	5	4.3	4.1	3.5	3.2	3.5	3.3	4	4.1	4.4	4.1
15	4.5	4.7	4.3	3.7	3.1	2.4	2.4	2.5	2.1	2.7	3	3.9	3.3
18	4.6	4.4	3.7	3.1	2	1.5	1.6	1.6	0.9	1.9	3.2	4.2	2.7
21	4.6	4.7	4	3.3	2.1	1.5	1.5	1.5	1.1	2.3	3.3	4.2	2.8
day	4.6	4.6	4.2	3.6	2.9	2.5	2.4	2.3	1.8	2.7	3.4	4.1	3.2

حيث : UTC - ساعة تسجيل القراءة حسب التوقيت العالمي

ويتطبيق المعادلة (1) على بيانات الرياح المأخوذة من أطلس الرياح بقصد الحصول على سرعة الرياح عند الارتفاع القياسي 10m. نحصل على الجدول (2) الذي يعطي قيم سرعة الرياح على اليابسة على ارتفاع 10m.

الجدول (2) بيانات الرياح على ارتفاع 10m على اليابسة

UTC	jan	feb	mar	Apr	may	Jun	jul	aug	sep	Oct	nov	dec	year
0	4.3	4.3	3.8	3.2	2.3	2.1	1.8	1.7	1.3	2.1	3.1	3.9	2.8
3	4.0	4.2	3.9	3.1	2.3	2.2	2.1	2.0	1.3	2.4	3.1	3.8	2.9
6	4.0	4.0	3.5	3.1	2.6	2.5	2.4	2.2	1.2	2.0	3.0	3.5	2.8
9	4.6	4.8	4.7	4.4	4.0	3.5	3.3	3.3	2.9	3.6	3.6	4.2	3.9
12	4.9	4.9	4.8	4.1	3.9	3.3	3.1	3.3	3.2	3.8	3.9	4.2	4.0
15	4.3	4.5	4.1	3.5	3.0	2.3	2.3	2.4	2.0	2.6	2.9	3.7	3.1
18	4.4	4.2	3.5	3.0	1.9	1.4	1.5	1.5	0.9	1.8	3.1	4.0	2.6
21	4.4	4.5	3.8	3.2	2.0	1.4	1.4	1.4	1.1	2.2	3.2	4.0	2.7
day	4.4	4.4	4.0	3.4	2.7	2.4	2.2	2.2	1.7	2.6	3.2	3.9	3.1

باستخدام المعادلة (3) نحصل على سرعة الرياح في عرض شاطئ طرطوس على ارتفاع 10m، وذلك كما هو مبين على الجدول (3).

الجدول (3) بيانات الرياح في عرض الشاطئ بطرطوس على ارتفاع 10m

UTC	jan	feb	mar	Apr	may	Jun	jul	aug	sep	Oct	nov	dec	Year
0	6.7	6.7	6.1	5.3	4.3	4.1	3.7	3.6	3.2	4.1	5.2	6.2	4.9
3	6.3	6.5	6.2	5.2	4.3	4.2	4.1	4.0	3.2	4.4	5.2	6.1	5.0
6	6.3	6.3	5.8	5.2	4.6	4.5	4.4	4.2	3.1	4.0	5.1	5.8	4.9
9	7.0	7.2	7.1	6.8	6.3	5.8	5.5	5.4	5.0	5.9	5.9	6.5	6.2
12	7.3	7.3	7.2	6.4	6.2	5.5	5.2	5.5	5.3	6.1	6.2	6.5	6.2
15	6.7	6.9	6.4	5.8	5.1	4.3	4.3	4.4	4.0	4.6	5.0	6.0	5.3
18	6.8	6.5	5.8	5.1	3.9	3.3	3.4	3.4	2.6	3.7	5.2	6.3	4.7
21	6.8	6.9	6.1	5.3	4.0	3.3	3.3	3.3	2.9	4.2	5.3	6.3	4.8
Day	6.7	6.8	6.3	5.6	4.8	4.4	4.2	4.2	3.6	4.6	5.4	6.2	5.3

وحسب المعادلة (1) نجد سرعة الرياح في عرض شاطئ مدينة طرطوس على ارتفاعات مختلفة، ونبين ذلك في

الجدول (4).

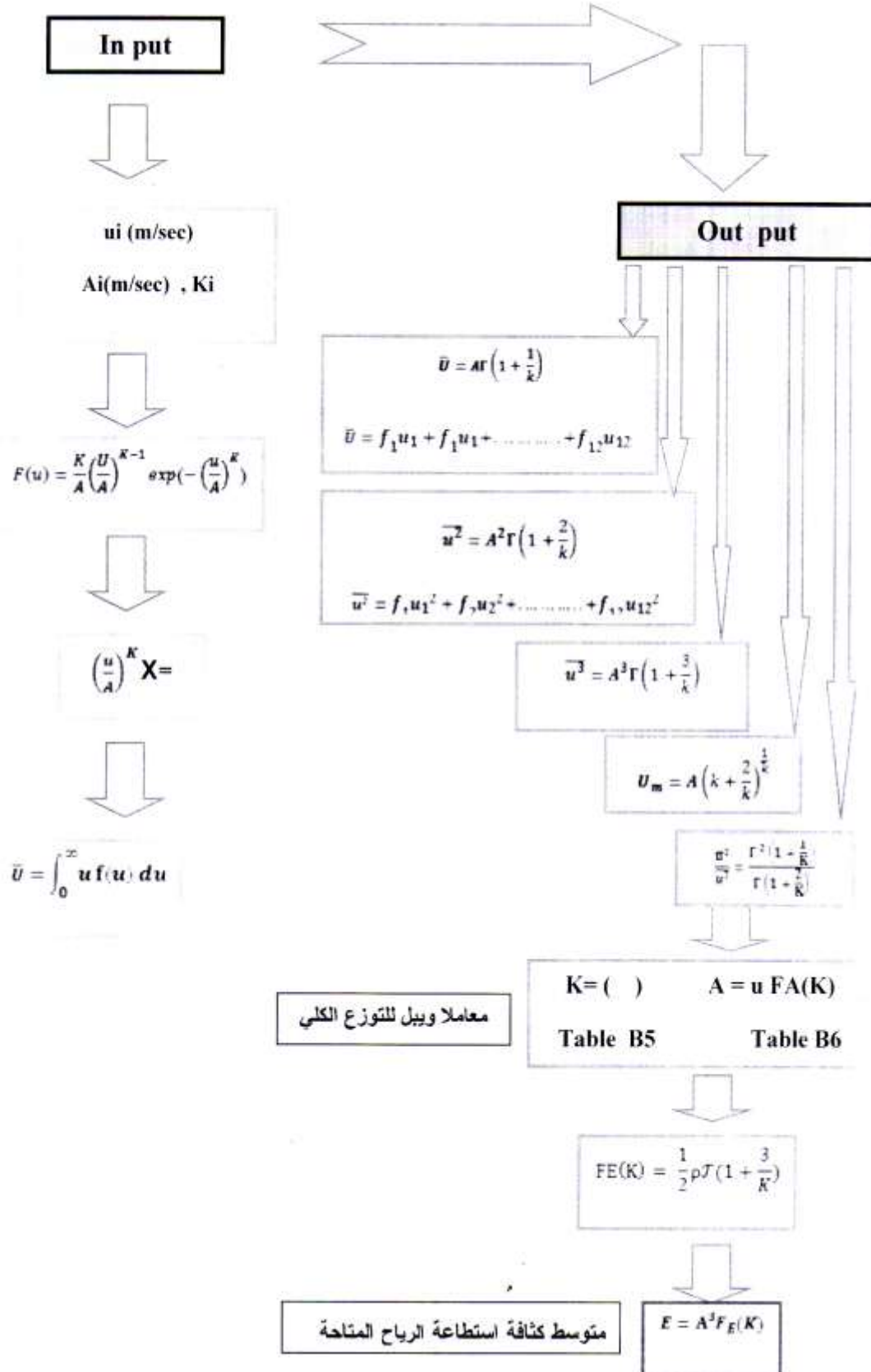
الجدول (4) بيانات الرياح في عرض الشاطئ بطرطوس عند ارتفاعات مختلفة

Z	U m/sec
10.0	5.30
25.0	6.04
50.0	6.67
60.0	6.85
70.0	7.00
90.0	7.3
100.0	7.36
200.0	8.13

ويغية تقدير الاستطاعة الكامنة للرياح وانطلاقاً من تقدير حقل الرياح في عرض شاطئ مدينة طرطوس، تم

حساب متوسط كثافة استطاعة الرياح المتاحة ومتوسط الاستطاعة الناتجة، بالاعتماد على توزيع ويبيل وتابع الكثافة

الاحتمالي. وقد تم ذلك وفق العلاقات الرياضية المعروضة حسب المخطط الصندوقي المرفق:



تعين السرعة الوسطية عن طريق المقادير المميزة لتوزع ويبيل من العلاقة التالية [4]:

$$\bar{U} = A \left(0.568 + \frac{0.434}{K} \right)^{\frac{1}{K}}$$

ينتج المقدار A مؤشر القياس من العلاقة :

$$\bar{U} = A \cdot F_u(K) \quad (5)$$

من الملاحظ أن قيمة $F_u(K)$ ذات تغير بسيط ويمكن عدّها قيمة ثابتة وتساوي 0.888 أطلس الرياح السوري الجدول B3 . وبالتالي يتم حساب مؤشر القياس لمعامل ويبيل على ارتفاع 90m فوق البحر من العلاقة السابقة باستخدام متوسط سرعة الرياح عند ذلك الارتفاع :

$$A = 7.3/0.888 = 8.221 \text{ m/sec}$$

باستخدام قيمة A وقيمة متوسط سرعة الرياح والتعويض في العلاقة (4) نجد أن مؤشر الشكل لتوزع ويبيل :

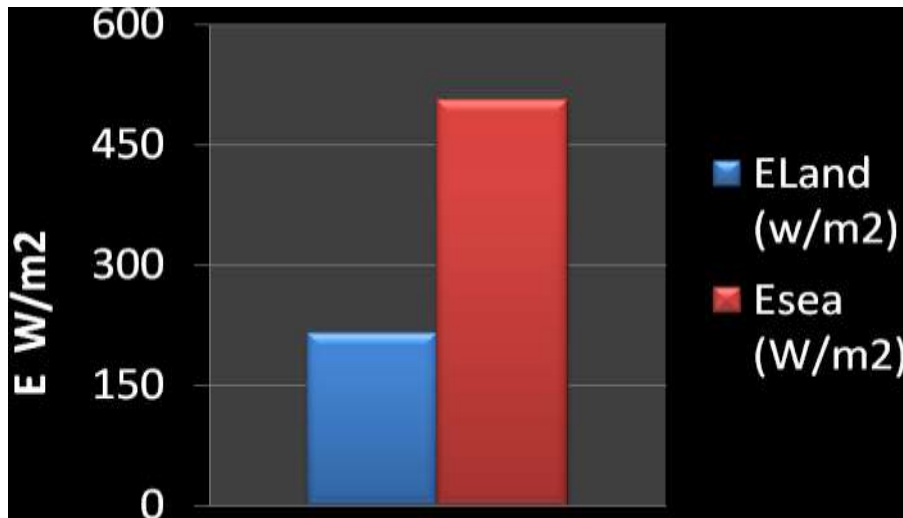
$$K = 1.82$$

باعتبار أن العنفة الريحية تصمم حسب السرعة القياسية الموافقة لسرعة الريح، والتي تعطي أعلى كثافة للاستطاعة المتاحة، وانطلاقاً من أن سرعة الرياح المقاسة تتبع توزع ويبيل [4]. قمنا بحساب متوسط كثافة الاستطاعة عند ارتفاع محور العنفة كما هو مبين في الجدول (5).

الجدول (5) قيم معاملي ويبيل A, K المقابلين للتوزع الكلي، إضافة إلى متوسط كثافة استطاعة الرياح المتاحة.

المكان	A m/sec	K	E W/m ²
عرض البحر	8.221	1.82	505.139
اليابسة	4.94	1.2628	214.766

بالمقارنة بين متوسط كثافة استطاعة الرياح المتاحة فوق اليابسة وفي عرض البحر في مدينة طرطوس على ارتفاع 90m ، يتضح من الشكل (1) تضاعف قيمة متوسط كثافة الاستطاعة في حال نصب العنفة في عرض البحر. وذلك من أجل عنفة ريحية بالمواصفات المذكورة في الجدول رقم (6):



الشكل (1) يبين متوسط كثافة استطاعة الرياح المتاحة فوق اليابسة وفي عرض البحر في مدينة طرطوس على ارتفاع 90m

الجدول (6) مواصفات العنفة NREL 5-MW ثلاثية الشفرات ذات محور أفقي: [10]

5 ميغاواط	الاستطاعة المقدرة
السرعة الخلفية - 3 شفرات	المواصفات - الشكل العام
سرعة متغيرة	التحكم
سرعة عالية - علبه سرعة متعددة المراحل	سلسلة القيادة
126متر - 3 متر	قطر الدوار - قطر الصرة
90متر	ارتفاع الصرة
3م/ثا - 11.4 م/ثا - 25م/ثا	سرعة الإقلاع - سرعة الكبح
6.9دورة في الدقيقة - 12.1 دورة في الدقيقة	سرعة الدوار عند الإقلاع
80م/ثا	السرعة المقدرة عند الشفة
5م - 5 درجات - 2.5 درجة	التدلي - زاوية ذيل العمود - مقدمة المخروط
110كغ	كتلة الدوار
240كغ	كتلة الشفرة
347.46كغ	كتلة البرج

أما متوسط الاستطاعة الكهربائية التي يمكن ان تنتجها العنفة في الموقع المذكور فتحسب باستخدام العلاقة رقم (6):

$$P = \frac{P_{max}}{a_2 - a_1} (Gk(a_2) - Gk(a_1) - \exp(-a_3^k)) \quad (6)$$

حيث: P_{max} - الاستطاعة الاسمية

$Gk(\alpha)$ - تابع مجدول في الملحق B من أطلس الرياح

α - سرعة الرياح مقسومة على معامل القياس A في توزع ويبيل

K - معامل الشكل في توزع ويبيل

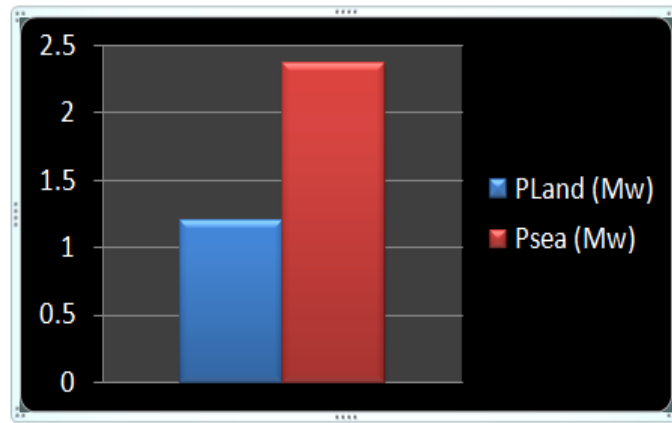
$\exp(x)$ - تابع أسي

ملاحظة: تم إهمال الحد الأخير في المعادلة (6)، ذلك لأن السرعات العالية التي يجب إيقاف العنفة عندها تحدث بشكل نادر .

يظهر الجدول (7) استطاعة العنفة عند ارتفاع 90m في عرض البحر وعلى اليابسة، حيث يلاحظ تضاعف قيمة الاستطاعة وهذا واضح أيضاً من الشكل (2).

الجدول (7) استطاعة العنفة عند ارتفاع 90m

	a_1	a_2	$a_2 - a_1$	$G_{K(a_1)}$	$G_{K(a_2)}$	P MW
عرض البحر	0.365	1.387	1.022	0.34506	0.830624	2.376
اليابسة	0.607	2.307	1.700	0.485288	0.893544	1.2



الشكل (2) استطاعة العنفة عند سرعة رياح 7.3m/s عند تركيبها في عرض البحر وعلى اليابسة.

الاستنتاجات والتوصيات:

بينت الدراسة ضرورة بناء المزارع الريحية في عرض البحر، لأن الاستطاعة الكهربائية تتضاعف بالمقارنة بين توضعها على اليابسة قرب الشاطئ وبين توضعها داخل المياه الإقليمية السورية. وبالتالي من الضروري القيام بمسح شامل للمساحة البحرية المتاحة لإقامة ونصب عنفات ريحية تمكننا من تحديد العدد الكلي للعنفات الريحية الممكن نصبها في البحر، وتحديد مساهمتها في برنامج الطاقة المطلوب، لتلبية حاجة القطر خلال السنوات القليلة القادمة المساهمة في توفير الأمن الطاقى للقطر. كما أن النتائج المعروضة تشجع على نصب محطات رصد وقياس لسرعات الرياح في عرض البحر وفي السواحل المواجهة على اليابسة.

المراجع:

- [1]-MEIKE, S.; ELLEN, Z.V. 1st.ed., *Renewable Energy and The Clean Development Mechanism*. Fedral Ministry for The Environment ,Berlin,2007,9-16.
- [2] –BURTON,T.; SHARPE,D.; JENKINS,N.; BOSSANYI, E. 1st.ed.,*Wind Energy handbook* .West Susek,England,2001,643.
- [3] –BEAUCHEMIN, J.; CHEATER, J.; HORIUCHI, A .; NECULA, F.M.; *Environmental Studies*. University of Aarhus, Springer, 2004,81-89.
- [4] – وزارة الدفاع، المديرية العامة للأرصاد الجوية، أطلس الرياح في الجمهورية العربية السورية، 1998 . 263
- [5]- RESIO,D.T.; VINCENT,C.L. *Estimation of winds over the Great Lakes* . Journal of the Waterway , Port Coastal and Ocean Division, , ASCE,103, 1977, 265-285.
- [6]- ERICH, H. *Wind Turbines, Fundamentals,Technologies,Application, Economics* .2nd ed ,Germany,2006, 791.
- [7]- HSU,S.A. *Models for estimating offshore winds from onshore meteorological measurements* . Boundary Layer Meteorology, Vol. 20,1981, 341-351.
- [8]-HSU, S.A. *Correction of land –based wind data for offshore applicayion* . A further evaluation , J. Phys. oceanograph,Vol. 16,1986, 390-394.
- [9]- LIU, P.C, SCHWAB, D.J.; BENNETT, J.R. (1984) comparison of a two-dimensional wave prediction model with synoptic measurements in Lake Michigan. J.Phys.oceanogr.14:1514-1518.
- [10]- JONKMAN, J. *NREL/NWTC NREL 5MW offshore baseline model*. National Renewable Energy Laboratory, Golden, CO. 2006.