دور طاقة الرياح في تعزيز مصادر الطاقة المتجددة
دراسة تطبيقية لإقليم الجبل الأخضر

د. جمال سالم النعاس
كلية الاقتصاد جامعة عمر المختار
Jamal.alnaas@omu.edu.ly

أ. حنان سعد موسى
كلية الهندسة جامعة عمر المختار
hanan.saad@omu.edu.ly

ملخص البحث:

لما للرياح من دور مهم كمصدر من مصادر الطاقة المتجددة أُعْتُمد عليه في العديد من دول العالم، وبما أنه هناك العديد من الظروف المناخية والشروط الفنية للحصول على الطاقة الكهربائية عن طريق التوربينات الكهربائية، واختلاف التيار الكهربائي الناتج عنها، فإن هذه الدراسة سوف تتناول التبيان المكاني لسرعات الرياح في إقليم الجبل الأخضر، وذلك حسب الإقليم المناخي لمكان تواجد محطة الرصد المناخي، وتم اختيار عدد (5) محطات مناخية للدراسة عليها، وتم اختيار معادلة لحساب قوة التيار الكهربائي الناتج عنها ودور الرياح في توليد الطاقة الكهربائية حسب بيانات كل محطة فضائية وموقعها حسب الإقليم المناخي المتواجدة به، كما تم تحديد عدد (4) أنواع من التوربينات وذلك حسب قطر كل مروحة بها، ومعرفة الطاقة الممكن الحصول عليها عبر قطر هذه المروحة، تبين من خلال الدراسة جدوى الحصول على الطاقة الكهربائية حسب قطر المروحة في عدد (4) محطات مناخية، وهي: درنة والفتائح وبنينا وشحات، في الوقت الذي كان لضعف الرياح في منطقة المرج دور في عدم الحصول على طاقة كافية للمراوح التي تم اعتمادها كنماذج للدراسة عليها.

كلمات مفتاحية: طاقة متجددة، طاقة الرياح، سرعة الرياح، توربينات رياح، محطات مناخية.

مقدمة:

الطاقة الهوائية هي الطاقة المستمدة من حركة الهواء والرياح، وأُسْتُخدمت طاقة الرياح منذ أقدم العصور، سواء في تسيير السفن الشراعية، وإدارة طواحين الهواء لطحن الغلال والحبوب، أو رفع المياه من الآبار، وتستخدم وحدات الرياح في تحويل طاقة الرياح إلى طاقة ميكانيكية تستخدم مباشرة أو يتم تحويلها إلى طاقة كهربائية من خلال مولدات، ويرتبط اليوم مفهوم هذه الطاقة باستعمالها في توليد الكهرباء بواسطة طواحين الهواء، ومحطات التوليد تنشأ في مكان معين، ويتم تغذية المناطق المحتاجة عبر الأسلاك الكهربائية، وبالإمكان حسب تقديرات منظمة المقاييس العالمية توليد 20 مليون ميغاواط من هذا المصدر على نطاق عالمي .

تعتبر طاقة الرياح مصدر ضخم لتوليد الكهرباء وحالياً من أقل أنواع تقنيات الطاقات المتجددة كلفة (الكشيرو، الشراول، 2017، ص25)، فوفقاً للتقارير الواردة من الأمم المتحدة فإن الإمكانات الكلية لطاقة الرياح وحدها قادرة على تلبية الطلب العالمي على الطاقة الكهربائية بمرات عدة؛ نتيجة لذلك نجد ان اقتصاديات طاقة الرياح قد تحسنت بشكل كبير جداً في السنوات القليلة الماضية، مما جعلها الآن في العديد من البلدان المتقدمة الخيار الأقل كلفة بين جميع تقنيات الطاقات المتجددة .

مشكلة الدراسة.

تعرضت ليبيا خلال السنوات الماضية للعديد من حالات انقطاع التيار الكهربائي؛ وذلك بسبب العجز في قدرة التوليد لمحطات إنتاج الطاقة الكهربائية في ليبيا من جهة، وتأثر خطوط نقل تلك الطاقة بسبب قدمها من جهة وتعرضها للتدمير من جهة أخرى، وبسبب زيادة النمو السكاني في ليبيا فإن هذه المحطات حتى لو تم تشغيلها بقدرتها الفعلية فإنها لا تستطيع أن تغطي كافة الاحتياجات المستقبلية من الطاقة الكهربائية، لذلك سيتم دراسة طاقة الرياح ومدى إمكانية توليد للطاقة الكهربائية منها لتغطية الاحتياجات منها .

أهمية الدراسة:

1- توضيح القيمة الفعلية لسرعة الرياح في منطقة الدراسة، ومدى اختلافها من منطقة لأخرى .

2- توضح وتحديد مدى إمكانية توليد الطاقة الكهربائية من خلال سرعة الرياح في كل منطقة .

3- توضح الدراسة مدى إمكانية الاعتماد على قدرة الرياح في توليد طاقة كهربائية تكفي الاحتياج المستقبلي منها .

أهداف الدراسة:

تهدف الدراسة إلى الآتي:

1- توضيح طاقة الرياح كمورد متجدد في قدرتها على توليد الطاقة الكهربائية .

2- توضيح الإنتاج من الطاقة الكهربائية بواسطة الرياح لإمكانية وضع خطط مستقبلية لتحديد الإنتاج لبعض المناطق في منطقة الدراسة .

3- تحديد أفضل نوع من لإنشاء مزرعة رياح بناء على الاحتياج من الطاقة الكهربائية .

منهجية الدراسة:

سوف يتم من خلال هذه الدراسة تطبيق معادلة لحساب قدرة الرياح على توليد الطاقة الكهربائية، وذلك حسب قطر مروحة التوربين، وسيتم اختيار عدد أربع مرواح، وذلك حسب قطر المروحة لكل منها:

1- مروحة بقطر 3.72 متر (ويستخدم هذا النوع في المزارع أو المنازل في المناطق النائية)

2- مروحة بقطر 90 متراً.

3- مروحة بقطر 126 متراً.

4- مروحة بقطر 178.3 متراً.

أمَّا المعادلة التي سيتم الدراسة بها فهي كالآتي:(npower Renewables, p2)

$$\frac{1}{2} * \rho * 3.14 * \pi r^2 * v^3 * c_p$$

حيث أن $\frac{1}{2}$ = رقم ثابت .

ρ = كثافة الهواء

3.14 = رقم ثابت لحساب نصف القطر للمروحة .

πr^2 = نصف قطر المروحة

v^3 = سرعة الرياح وتحسب على أساس م/ث

c_p = معامل قوة التوربينة، وهي في أغلب عمليات الإنتاج لا تتجاوز 59%، وتم تحديد نسبة 40% كنسبه وسط للحساب في إنتاج الطاقة (Kalmikov and Dykes,p13).

منطقة الدراسة:

الموقع الجغرافي: سوف يتم دراسة لعدد خمس محطات تقع في الجزء الشمالي الشرقي من ليبيا، وتمتد من محطة بنينا إلى محطة درنة ، شاملة لكل من محطة بنينا والمرج وشحات ودرنة والفتائح، تقع منطقة الجبل الأخضر في الجزء الشمالي الشرقي من البلاد، وتمتد جغرافيا من ساحل البحر المتوسط شمالاً حتى النطاق شبه الصحراوي جنوباً، ومن خليج البمبا شرقاً حتى سهل بنغازي غربا، ويبلغ أقصى امتداد للمنطقة في اتجاه الشمال عند منطقتي رأس عامر ورأس الهلال، أما في اتجاه الجنوب فليس هناك حد طبيعي واضح لتحديد المنطقة؛ وذلك لانحدارها التدريجي في هذا الاتجاه، غير أنه هناك بعض المناطق تقع جنوب المنطقة والتي يمكن أن نعتبرها الخط أو الحد النهائي لامتداد المنطقة في اتجاه الجنوب في هذه الدراسة على الأقل، هذه المناطق هي من الشرق إلى الغرب منطقة التميمي والعزيات والمخيلي والخروبة والأبيار مروراً إلى بنينا وبنغازي، أما أقصى امتداد للمنطقة في اتجاه الشرق فيتمثل في منطقة رأس التين وخليج البمبا، وفي اتجاه الغرب يعتبر سهل بنغازي وخط الساحل هو أقصى امتداداً للمنطقة في هذا الاتجاه، هذا التحديد الجغرافي يمكن ملاحظته من خلال (الشكل رقم 1) (بن علي، 2007، ص5-6)، وقد أوضحت الدراسات أن أقل سرعة يعمل على توربين الهواء لتوليد الطاقة الكهربائية هو 3.5 م/ث(أحمد، 2016، ص 69)، لذلك سوف تُحسب السرعة للطاقة الكهربائية وسرعة الرياح في منطقة الدراسة .

الموقع الفلكي: بمقتضى التحديد الجغرافي السابق نجد أن منطقة الجبل الأخضر تمتد فلكياً بين خطي طول 19.56 و 23.09 شرقاً، وبين دائرتي عرض 32،05 شمالاً إلى 32.55 شمالاً (الأطلس الوطني، 1978، ص31).

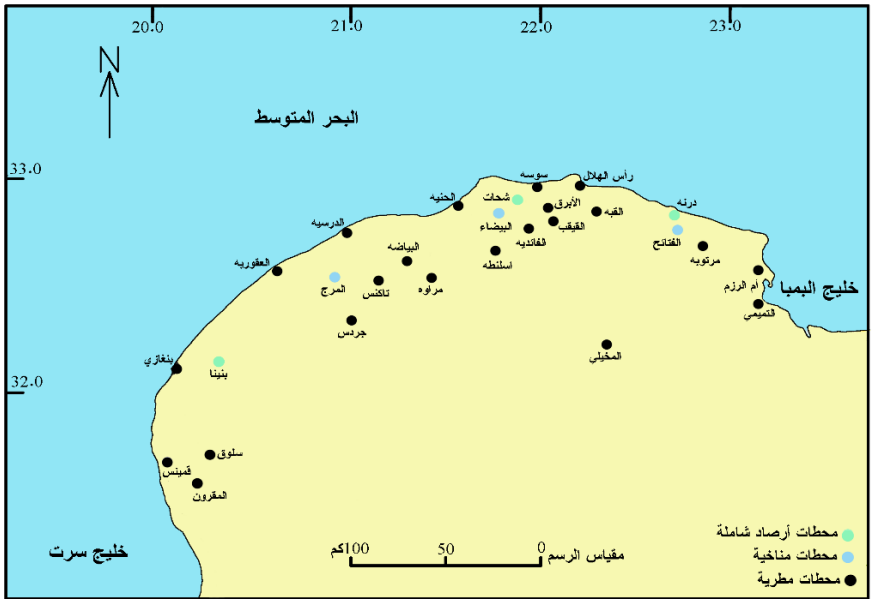
الموقع المناخي: يقع إقليم الجبل الأخضر مناخياً ضمن المنطقة الرصدية رقم (62) والتي تشمل كذلك مصر والسودان والمسماة بإقليم الرصد الجوي (أفريقيا)، وذلك حسب تقسيم منظمة الأرصاد الجوية (W.M.O).

شكل المنطقة ومساحتها:

منطقة الجبل الأخضر في مجملها عبارة عن هضبة مرتفعة تمتد من الغرب إلى الشرق لمسافة 280كم تقريباً، وتبلغ مساحتها حوالي 10.000كم^2 (الأطلس الوطني، 1978، ص31)، وهي بذلك تشكل نحو 0.6 % من مساحة البلاد الإجمالية البالغة 1.775.500كم^2 (الأطلس الوطني ، ص 1)، ويصل ارتفاع أعلى قمة فيها إلى حوالي 882 متراً فوق مستوى سطح البحر وذلك في منطقة سيدي الحمري التي تقع بالقرب من منطقة اسلنطه والتي تبعد عن البحر بحوالي 30 كم . ويبلغ طول منطقة الدراسة من أقصى امتداد لها في اتجاه الشمال عند منطقة رأس عامر إلى أقصى امتداد لها في اتجاه الجنوب عند منطقة المخيلي حوالي 90 كم، في حين يبلغ عرض منطقة الدراسة من أقصى امتداد لها في اتجاه الشرق عند منطقة رأس التين وخليج البمبا إلى أقصى امتداد لها في اتجاه الغرب عند مدينة بنغازي إلى حوالي300 كم.(بن علي، 2007، ص 6)

أما طول خط الساحل البحري الذي يحيط بمنطقة الدراسة من أغلب الاتجاهات (الشرق، الشمال، الغرب) فيبلغ حوالي 360 كم بخط متعرج، يمتد من مدينة بنغازي غرباً حتى ساحل منطقة التميمي شرقاً، في حين نجد أن طول الخط الجنوبي للمنطقة يبلغ حوالي 290كم، وهو كما سبق الذكر عبارة عن خط يقع في النطاق شبه الصحراوي ويمر بالعديد من المناطق الواقعة جنوب الجبل امتداداً من منطقة التميمي شرقاً حتى منطقة بنينا ومدينة بنغازي غرباً، أما أقصى اتساع للمنطقة فهو بنحو 300كم (بن علي، 2007، ص31)، في خط مستقيم في اتجاه (شمالي شرقي، جنوبي غربي). هذا الموقع الجغرافي لمنطقة الجبل الأخضر جعل لها مميزات وخصائص طبيعية ومناخية ميزتها عما يجاورها من أقاليم سواء في التضاريس أو المناخ أو الغطاء النباتي وحتى في التربة.

شكل (1) توزيع محطات منطقة الدراسة وأنواعها.



المصدر: محسن بن علي، خصائص الأمطار في منطقة الجبل الأخضر، دراسة في الجغرافيا المناخية، رسالة ماجستير غير منشورة، جامعة قاريونس، 2007م، ص 7 .

طاقة الرياح في ليبيا:

1.الضغط والرياح في فصل الشتاء (يناير).

خلال فصل الشتاء يصبح حوض البحر المتوسط عبارة عن إقليم من الضغط الجوي المنخفض النسبي يتوسط الضغط المرتفع بين دائرتي 20-40 شمالاً وخطي طول 30 غرباً و180 شرقاً، والمتمثلة في منطقة المرتفع الأوراسي المتمركز على آسيا وشرق القارة الأوربية (المهدوي، 1998، ص57-58).

في فصل الشتاء تكون الأجزاء الشمالية لليبيا أبرد من البحر البحر المتوسط الذي يمثل في ذلك الوقت منطقة ضغط منخفض، فإن اليابس يصل معدل الضغط الجوي فيه ما بين 1019- 1024 ملليمبار، أما الرياح في هذا الفصل فيكون اتجاهها العام متغيراً من يوم لآخر نتيجة لموقع الإعصار أثناء أختراقه البحر المتوسط من الغرب إلى الشرق، وفي هذا الفصل تتعرض ليبيا لمرور الانخفاضات الجوية والتي لا تنقطع خلاله وهي قادمة من منطقة الضغط المرتفع والمحيطة بالبحر المتوسط إلى نقطة الضغط المنخفض المرتكزة على البحر،

وتندفع هذه الإنخفاضات التي هي عبارة عن أعاصير من ناحية المحيط، وتكون الرياح في هذه مقدمة هذه الانخفاضات عبارة عن رياح جنوبية غربية وجنوبية قادمة من الصحراء حاملة هواء مدارياً قارياً، وهي تكون في الغالب حارة جافة لمرورها بمناطق صحراوية، كما أنها محملة بالأتربة، وهي تسمى رياح القبلي (المهدوي، 1989، ص 58-59).

2.**الضغط الجوي والرياح في فصل الصيف** .

تنعكس الحالة في الصيف فمنطقة الضغط المرتفع الأزوري تتزحزح نحو الشمال، ويمتد منها ذراع يتمركز على البحر المتوسط، ونتيجة لتعامد الشمس على مدار السرطان وبالتالي ارتفاع درجة حرارة اليابس تمتد منطقة ضغط منخفض على شمال أفريقيا وكذلك أواسط آسيا مركز الخليج العربي، وبهذا تكون ليبيا خاضعة للرياح التجارية الشمالية الشرقية، فجبهة الرياح التجارية في فصل الصيف تنتقل إلى الشمال عما كانت عليه، وهي رياح قادمة من منطقة المنخفض على صحراء شمال القارة الأفريقية (المهدوي، 1989، ص59-61).

وتتعرض ليبيا بوحة عام لخمس كتل هوائية (الشكل 2)، وهي متباينة الخصائص وذلك راجع لظروف الموقع ، ولتأثرها بالصحراء الكبرى (المهدوي، 1998، ص 61):

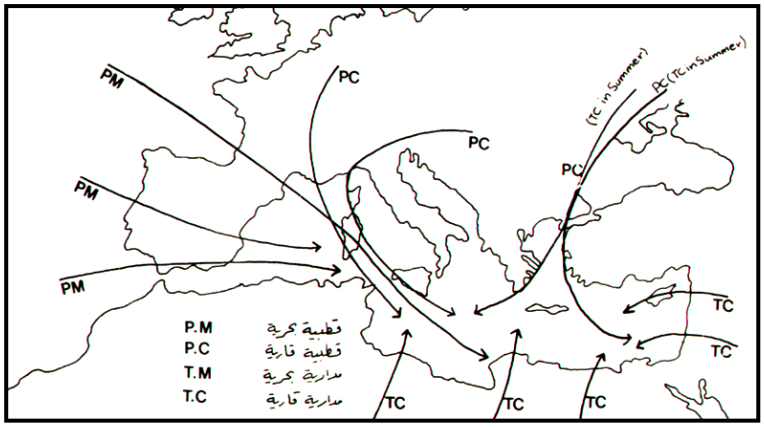
أ- الكتل الهوائية القطبية البحرية .P.M

ب- الكتل الهوائية القطبية القارية .P.C

ج- الكتل الهوائية المادرية البحرية .T.M

د- الكتل الهوائية المدارية القارية .T.C

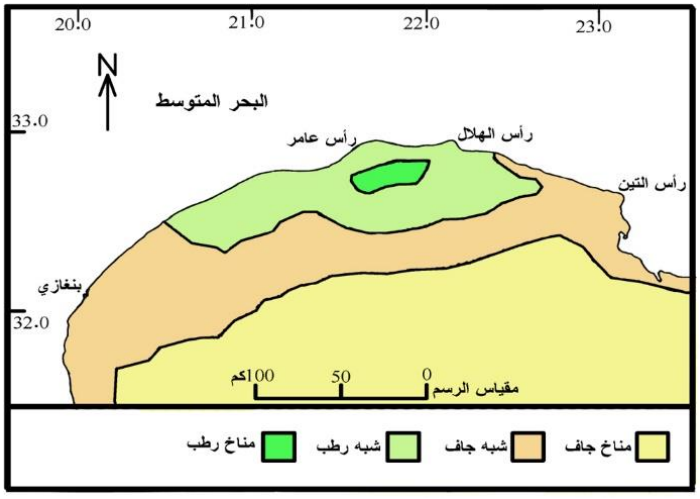
الشكل (2) الكتل الهوائية التي تتعرض لها ليبيا



المصدر: محمد النطاح، الأرصاد الجوية، دار الجماهيرية للنشر، مصراتة، 1990م، ص 270.

كان لهذا المناخ أن تحكم في توزيع السكان في ليبيا، حيث تركز أغلب السكان في ليبيا على الشريط الساحلي لليبيا وبعمق يبلغ حوالي 40 كلم جنوباً من خط الساحل، ونتيجة لعناصر المناخ في منطقة الجبل الأخضر فقد تنوع المناخ ليشمل عدد من الأقاليم المناخية، وهي: المناخ الجاف، والشبه جاف ، وشبه الرطب، والمناخ الرطب (الشكل 3) .

الشكل (3) الأقاليم المناخية في منطقة الدراسة



المصدر: محسن بن علي، خصائص الأمطار في منطقة الجبل الأخضر، دراسة في الجغرافيا المناخية، رسالة ماجستير غير منشورة، جامعة قاريونس، 2007م، ص 7 .

الطاقة الكهربائية المتولدة من سرعة الرياح بمحطات الدراسة:

سوف يتم من خلال هذا الجزء من الدراسة، دراسة لعدد 5 محطات مناخية في في منطقة الجبل الأخضر، تقع في أقاليم مناخية مختلفة، حيث تقع كل من محطات درنة والفتائح وبنينه في أقليم المناخ شبه الجاف، فيما تقع محطة شحات في أقليم المناخ الرطب، ومحطة المرج في أقليم المناخ شبه الرطب، وسوف تُحسب الطاقة الكهربائية الناتجة عن سرعة الرياح في كل إقليم مناخي من الأقاليم السابقة الذكر، حيث سوف تُدرس بيانات سرعة الرياح بهذه المحطات وذلك لعدة أعوام، وسوف يتم تحليل البيانات التي تم الحصول عليها من خلال عمليات رصد لسرعة الرياح في تلك المحطات، وحساب المتوسطات لها، كما سوف تُحسب حساب قوة التيار الكهربائي الذي يمكن الحصول عليها من خلال هذه السرعة وهذة القوة، وذلك عن طريق تطبيق المعادلة التي سيتم الاعتماد عليها لحساب الطاقة الكهربائية والتي تم ذكرها في بداية الدراسة، وقد تم أختيار كل من محطة بنينا، درنة، شحات، الفتائح، المرج (راجع الشكل 1)، وقد وجد أن سرعة الرياح تتراوح متوسطاتها خلال فترات الرصد في المحطات السابقة الذكر مابين 3.01 و 5.98 م/ ث .

الجدول (1) متوسط سرعة الرياح لمحطات منطقة الدراسة (م/ث)

أسم المحطة	يناير	فبراير	مارس	أبريل	مايو	يونيو	يوليو	أغسطس	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر	المتوسط
بنينا (*)	4.73	5.04	5.46	6.17	6.12	5.86	5.81	5.3	4.99	4.78	4.68	4.94	5.32
درنة (*)	6.38	6.69	6.07	5.86	5.2	5.5	6.79	6.53	5.25	4.94	5.92	6.58	5.98
شحات(*)	4.73	4.84	4.63	3.86	3.34	3.45	3.34	3.09	3.34	4.32	4.68	4.3	4.68
الفتائح (**)	4.58	5.14	5.09	5.25	4.12	5.5	6.02	6.17	4.78	4.58	4.58	4.94	4.62
المرج (***)	2.88	3.5	2.98	3.34	2.31	2.47	3.45	3.04	2.73	2.68	3.34	3.45	3.01

المصدر : بيانات مجمعة بواسطة مركز الأبحاث والطاقة الشمسية ، طرابلس ، ليبيا .

(*) بنينا و درنة و شحات ، متوسطات سرعة الرياح 1980-2010 .

(**) محطة الفتائح متوسط سرعة الرياح خلال 5 سنوات 2002 -2007

(***) متوسط سرعة الرياح بمحطة المرج 10 سنوات (1998-2007)

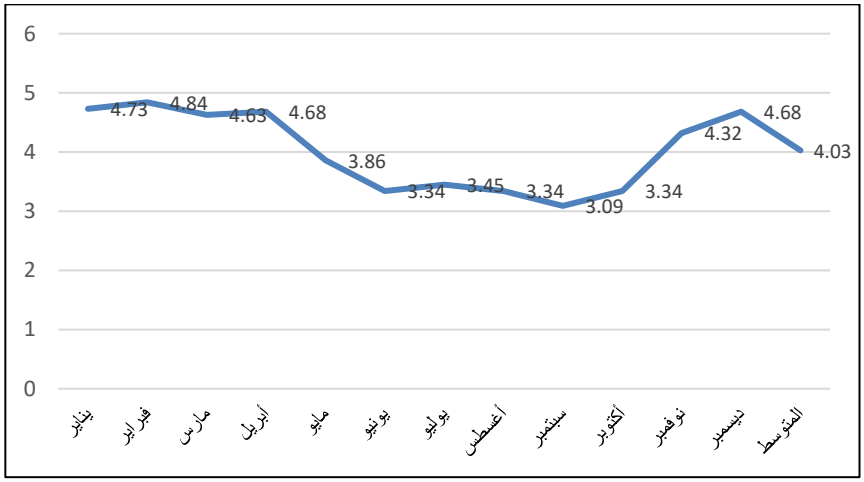
محطات منطقة الدراسة:

1-**محطة شحات:** تقع محطة شحات شمال شرق ليبيا على خط طول 21.51 شرقاً، ودائرة 32.49 شمالاً، وعلى أرتفاع 621 متراً، وقد تم أفتتاحها عام 1963م (المهدوي، 1998، ص51).

بالنسبة للرياح واتجاهاتها في منطقة شحات فإنه نجد أنه تسود الرياح الشمالية وبنسبه تصل إلى 23.9%، تليها الرياح الجنوبية بنسبة تصل إلى 20.1%، ثم الرياح الشمالية الغربية وبنسبه تصل إلى 16% ، في حين تعد الرياح الشرقية والجنوبية الشرقية أقل الرياح سيادة في المنطقة، إذ تتراوح نسبتها ما بين 2.05 % - 3.8 % وتقدر نسبة السكون بنحو 6.8% .

الشكل (4) متوسط سرعة الرياح بمحطة شحات

خلال الأعوام 1980-2010م.



المصدر: بيانات الجدول (1)

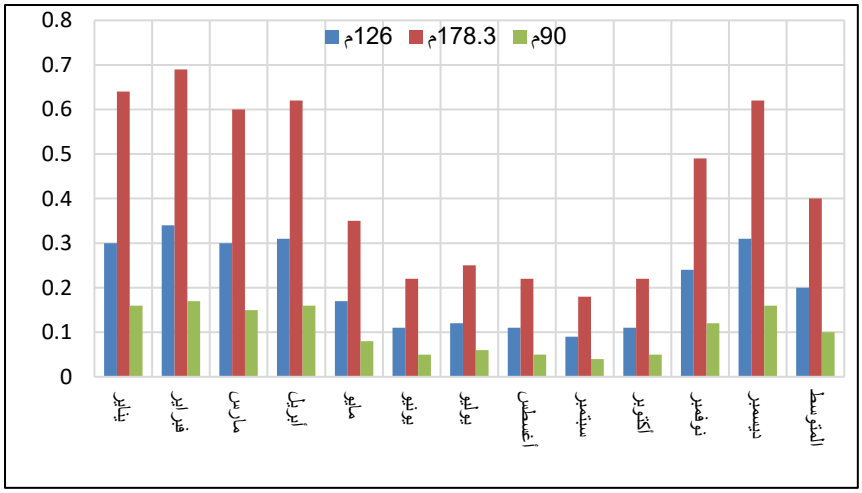
ومن خلال تطبيق المعادلة لحساب الطاقة الممكن إنتاجها بناء على متوسط سرعة الرياح في منطقة شحات، فإننا نجد أن أعلى سرعة يمكن إنتاجها قد بلغت خلال شهر فبراير حوالي 0.34 ميجا وات للمروحة ذات قطر 126م، وبلغت 0.69 ميجا وات خلال نفس الفترة للمروحة ذات قطر 187.3 م ، فيما بلغت 0.17 ميجا وات عن نفس المدة للمروحة ذات قطر 90م، أما بخصوص المروحة المنزلية ذات القطر 3.72م، فقد بلغت 302 كيلو وات عن نفس المدة .

الجدول (2) الطاقة الكهربائية الممكن إنتاجها بواسطة الرياح بناء على بيانات محطة شحات المناخية خلال الأعوام 1980–2010م.

الشهر	السرعة م/ث	قطر المروحة			
		126م	178.3م	90م	3.72م
يناير	4.73	0.3	0.64	0.16	282
فبراير	4.84	0.34	0.69	0.17	302
مارس	4.63	0.3	0.6	0.15	265
أبريل	4.68	0.31	0.62	0.16	273
مايو	3.86	0.17	0.35	0.08	153
يونيو	3.34	0.11	0.22	0.05	99
يوليو	3.45	0.12	0.25	0.06	109
أغسطس	3.34	0.11	0.22	0.05	99
سبتمبر	3.09	0.09	0.18	0.04	78
أكتوبر	3.34	0.11	0.22	0.05	99
نوفمبر	4.32	0.24	0.49	0.12	215
ديسمبر	4.68	0.31	0.62	0.16	273
المتوسط	4.03	0.2	0.4	0.1	174

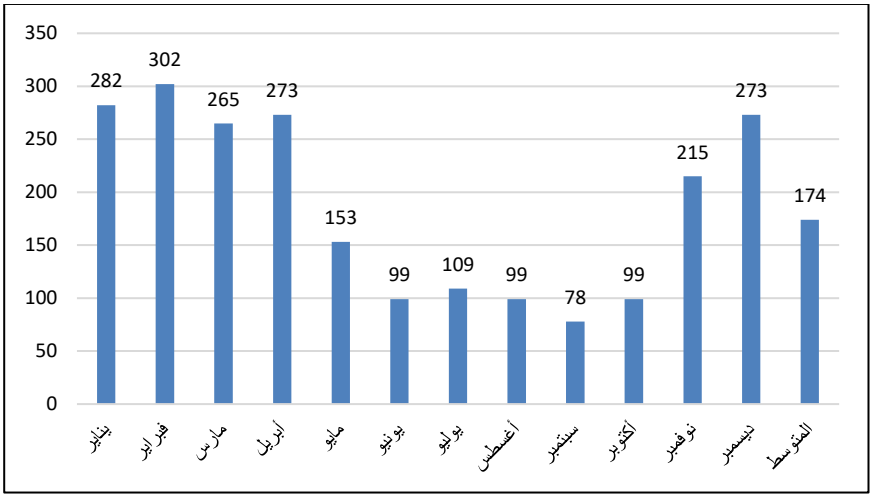
المصدر : أستناداً إلى بيانات الجدول (1)

الشكل (5) كمية الطاقة المنتجة بواسطة الرياح بمحطة شحات على عدد 3 أنواع توربينات بأقطار مروحة 126م، 178.3م، 90م (ميجا وات)



المصدر : إستناداً إلى بيانات الجدول (2).

الشكل (6) كمية الطاقة المنتجة من سرعة الرياح بمحطة شحات على توربينة بقطر 3.72م (كيلو وات)



المصدر : إستناداً إلى بيانات الجدول (2)

من خلال البيانات المسجلة بمحطة أرصاد شحات خلال الفترة 1980-2010م، تبين أن أعلى متوسط رياح فصلي قد سجل خلال فصل الشتاء حيث بلغ 4.8 م/ث، يلية فصل الربيع، ثم الخريف وأخيراً الصيف بمتوسطات سرعة فصلية بلغت 4.4 م/ث، 3.6 م/ث، 3.4 م/ث على التوالي .

الجدول (3) مجموع سرعة الرياح ومتوسطاتها الفصلية بمحطة شحات 1980–2010م.

أسم المحطة	متوسط فصل الشتاء	متوسط فصل الربيع	متوسط فصل الصيف	متوسط فصل الخريف
شحات	4.8	4.4	3.4	3.6

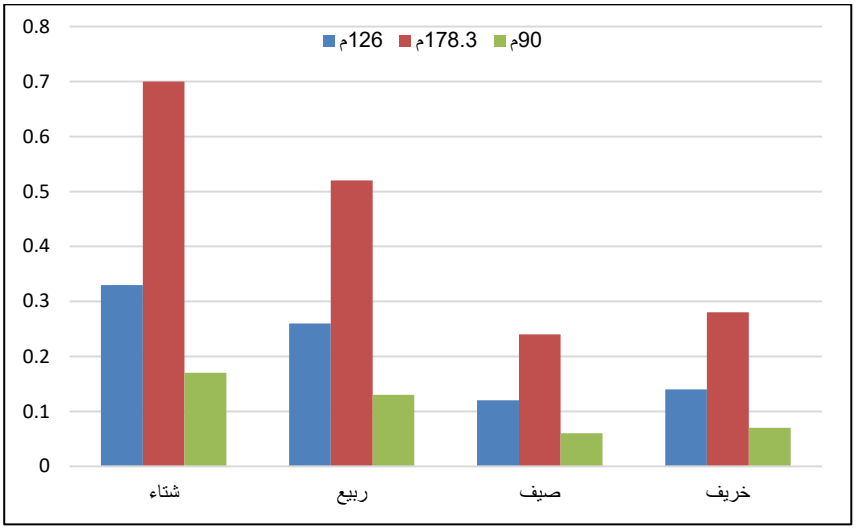
المصدر : إستناداً إلى بيانات الجدول (2)

الجدول (4) الطاقة الكهربائية الممكن إنتاجها بواسطة الرياح بناء على بيانات محطة شحات المناخية حسب المتوسطات الفصلية لسرعة الرياح خلال الأعوام 1980–2010م.

الفصل	السرعة م/ث	قطر المروحة			
		126م	178.3م	90م	3.72م
شتاء	4.8	0.33	0.7	0.17	295
ربيع	4.4	0.26	0.52	0.13	227
صيف	3.4	0.12	0.24	0.06	105
خريف	3.6	0.14	0.28	0.07	124

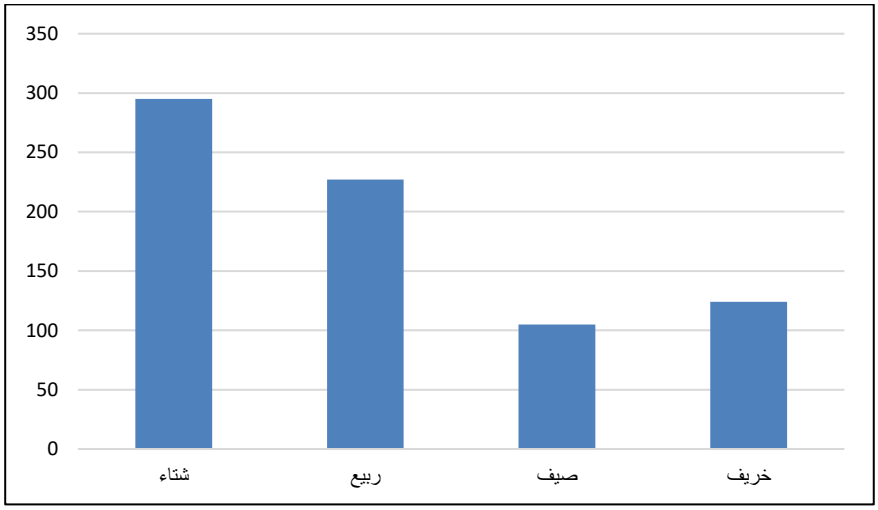
المصدر : إستناداً إلى بيانات الجدول (3)

الشكل (7) كمية الطاقة المنتجة بواسطة الرياح بمحطة شحات على عدد 3 أنواع توربينات بأقطار مروحة 126م، 178.3م، 90م، وذلك حسب متوسطات الرياح الفصلية (ميجا وات).



المصدر : أستناداً إلى بيانات الجدول (4).

الشكل (8) كمية الطاقة المنتجة بواسطة الرياح بمحطة شحات على توربينة بقطر 3.72م وذلك حسب متوسطات الرياح الفصلية (بالكيلو وات).

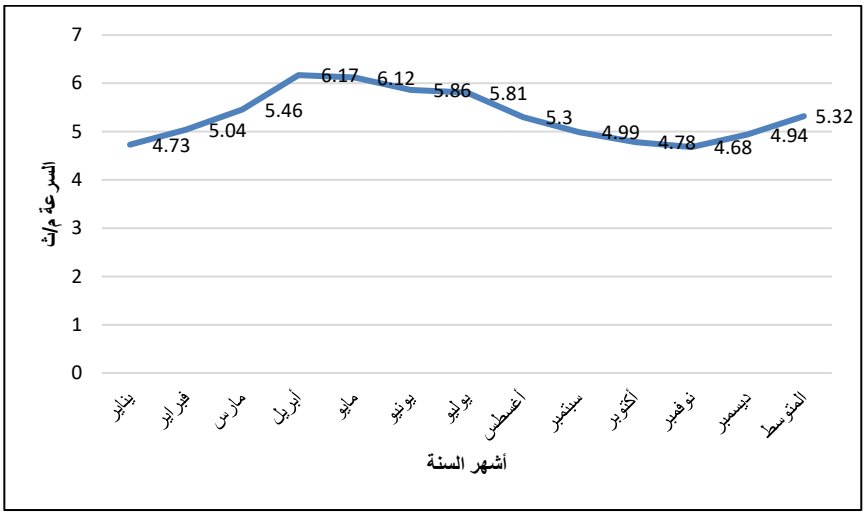


المصدر : أستناداً إلى بيانات الجدول (4).

2- محطة بنينا:

تقع محطة بنينا في شرق ليبيا، على خط عرض 32.05 وخط طول 20.16 وارتفاع 130 متر فوق مستوى سطح البحر، وقد تم افتتاحها عام 1945م (المهدوي، 1998، ص 51).

الشكل (9) متوسط سرعة الرياح حسب الشهر بمحطة بنينا (1980-2010م).



المصدر : أستناداً إلى بيانات الجدول (1)

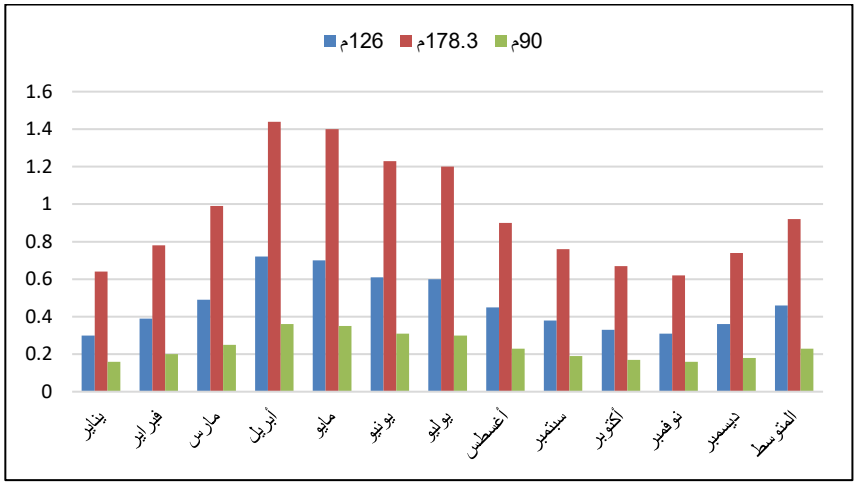
ومن خلال تطبيق المعادلة لحساب الطاقة الممكن إنتاجها بناءً على متوسط سرعة الرياح في منطقة بنينا، فإننا نجد أن أعلى سرعة يمكن إنتاجها قد بلغت خلال شهر أبريل حيث بلغت 0.72 ميجاوات للمروحة ذات قطر 126م، وبلغت 1.44 ميجا وات خلال نفس الفترة للمروحة ذات قطر 187.3م، فيما بلغت 0.36 ميجاوات عن نفس المدة للمروحة ذات قطر 90م، أما بخصوص الروحة المنزلية ذات القطر 3.72م، فقد بلغت 627 كيلووات عن نفس المدة .

الجدول (5) الطاقة الكهربائية الممكن إنتاجها بواسطة الرياح بناء على بيانات محطة بنينا المناخية خلال الأعوام 1980–2010م.

الشهر	السرعة م/ث	قطر المروحة			
		126م	178.3م	90م	3.72م
يناير	4.73	0.3	0.64	0.16	282
فبراير	5.04	0.39	0.78	0.2	342
مارس	5.46	0.49	0.99	0.25	432
أبريل	6.17	0.72	1.44	0.36	627
مايو	6.12	0.7	1.4	0.35	612
يونيو	5.86	0.61	1.23	0.31	537
يوليو	5.81	0.6	1.2	0.3	524
أغسطس	5.3	0.45	0.9	0.23	397
سبتمبر	4.99	0.38	0.76	0.19	332
أكتوبر	4.78	0.33	0.67	0.17	291
نوفمبر	4.68	0.31	0.62	0.16	273
ديسمبر	4.94	0.36	0.74	0.18	322
المتوسط	5.32	0.46	0.92	0.23	402

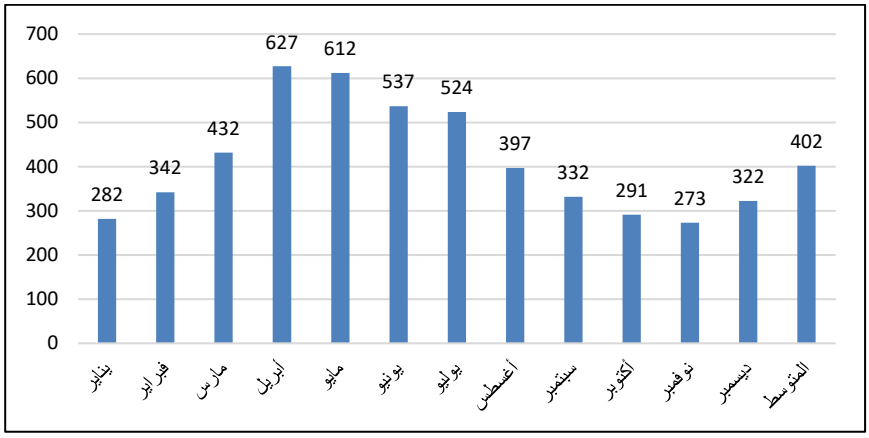
المصدر : أستناداً إلى بيانات الجدول (1).

الشكل (10) كمية الطاقة المنتجة بواسطة الرياح بمحطة بنينا على عدد 3 أنواع توربينات بأقطار مروحة 126م، 178.3م، 90م، وذلك حسب متوسطات الرياح الشهرية (بالميجا وات)



المصدر : أستناداً إلى بيانات الجدول (5).

الشكل (11) كمية الطاقة المنتجة بواسطة الرياح بمحطة بنينا على توربينة بقطر 3.72م وذلك حسب متوسطات الرياح الشهرية (بالكيلو/وات)



المصدر : أستناداً إلى بيانات الجدول (5)

بلغت أعلى مجموعة لمتوسطات سرعة الرياح الفصلية تم تسجيلها لمحطة بنينا خلال الفترة 1980-2010م، أعلى سرعة لها خلال فصل الربيع حيث بلغت 5.91 م/ث، يلية فصل الربيع بمتوسط سرعة فصلي بلغ 5.65م/ث، ثم فصلي الخريف والشتاء ، بمتوسط سرعة فصلي بلغ 4.81 م/ث، 3.25 م/ث على التوالي .

الجدول (6) مجموع سرعة الرياح ومتوسطاتها الفصلية بمحطة بنينا 1980-2010م

أسم المحطة	متوسط فصل الشتاء	متوسط فصل الربيع	متوسط فصل الصيف	متوسط فصل الخريف
بنينا	3.25	5.91	5.65	4.81

المصدر : أستناداً إلى بيانات الجدول (4).

الجدول (7) الطاقة الكهربائية الممكن إنتاجها بواسطة الرياح بناء على بيانات محطة بنينا المناخية حسب المتوسطات الفصلية لسرعة الرياح خلال الأعوام 1980-2010م.

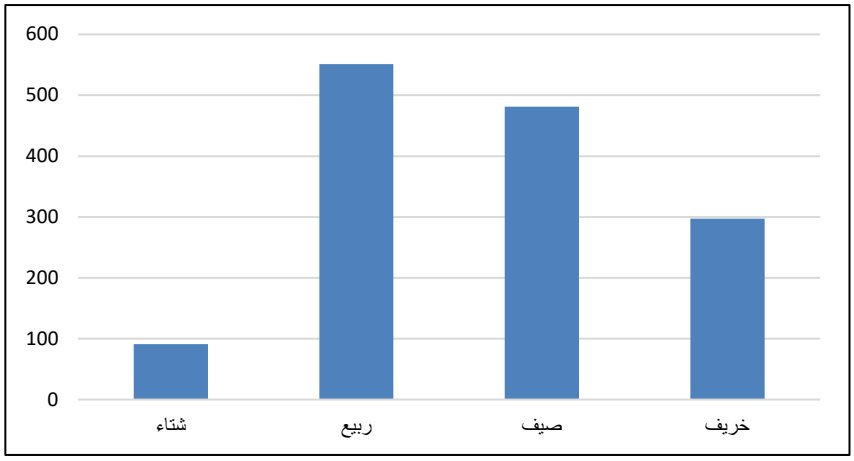
الفصل	السرعة م/ث	قطر المروحة			
		126م	178.3م	90م	3.72م
شتاء	3.25	0.1	0.21	0.05	91
ربيع	5.91	0.63	1.26	0.32	551
صيف	5.64	0.55	1.1	0.28	481
خريف	4.81	0.34	0.68	0.17	297

المصدر : أستناداً إلى بيانات الجدول (6).

الشكل (12) كمية الطاقة المنتجة بواسطة الرياح بمحطة بنينا على عدد 3 أنواع توربينات بأقطار مروحة 126م، 178.3م، 90م، وذلك حسب متوسطات الرياح الفصلية (بالميجا وات)

المصدر : أستناداً إلى بيانات الجدول (7).

الشكل (13) كمية الطاقة المنتجة بواسطة الرياح بمحطة بنينا على توربينة بقطر 3.72م وذلك حسب متوسطات الرياح الفصلية (بالكيلو وات).



المصدر : أستناداً إلى بيانات الجدول (7).

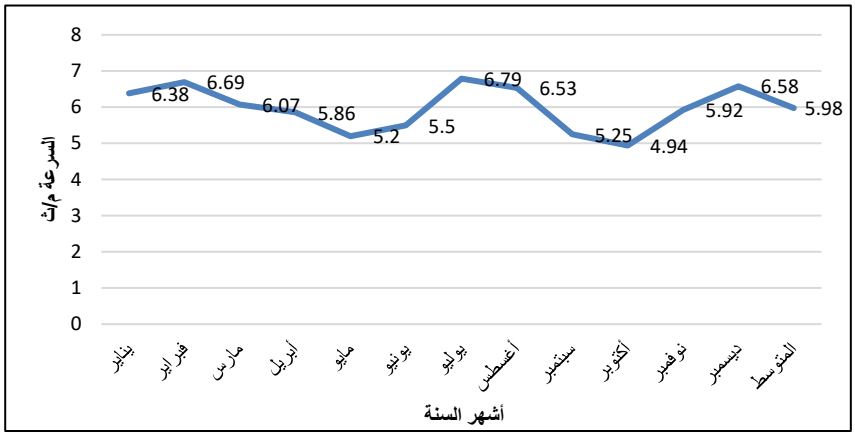
3- محطة درنة:

تقع محطة درنة شمال شرق ليبيا على خط طول 22.38 شرقاً، ودائرة 32.44 شمالاً، وعلى أرتفاع 8 أمتار، وقد تم أفتتاحها عام 1945م (المهدوي، 1998، ص57).

إن الرياح السائدة في منطقة درنة بشكل عام تتمثل في الرياح الشمالية الغربية والتي تشكل نسبتها حوالي 65% من جملة الرياح السائدة في منطقة الدراسة بينما تتفاوت الرياح الأخرى ما بين 21 % رياح جنوبية غربية، يليها الرياح الشمالية التي تمثل نسبتها 10 % والرياح الجنوبية 2%، ثم الرياح الشرقية 1% في الوقت الذي تنعدم فيه الرياح الجنوبية الشرقية والشمالية الشرقية.

الشكل (14) متوسط سرعة الرياح حسب الشهر بمحطة درنة (1980–2010م).

المصدر : أستناداً إلى بيانات الجدول (1).



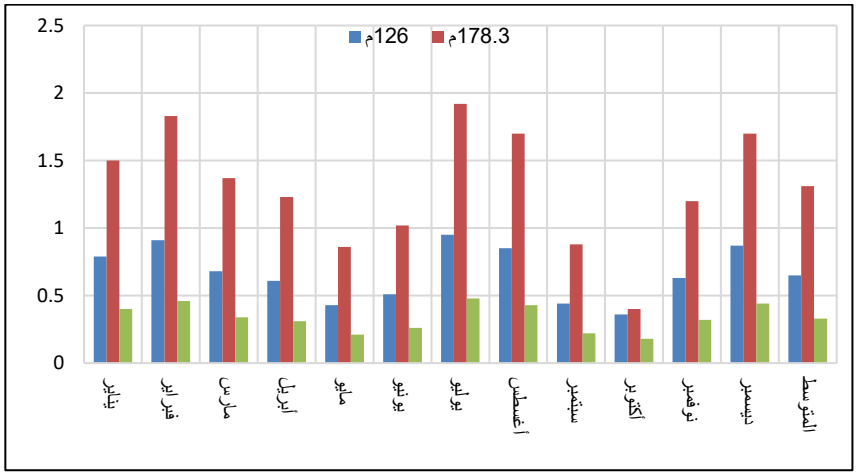
ومن خلال تطبيق المعادلة لحساب الطاقة الممكن إنتاجها بناء على متوسط سرعة الرياح في منطقة درنة، فإننا نجد أن أعلى سرعة يمكن إنتاجها قد بلغت خلال شهر يوليو حيث بلغت 0.95 ميجاوات للمروحة ذات قطر 126م، وبلغت 1.92 ميجاوات خلال نفس الفترة للمروحة ذات قطر 187.3م، فيما بلغت 0.26 ميجاوات عن نفس المدة للمروحة ذات قطر 90م، أما بخصوص للمروحة المنزلية ذات القطر 3.72م، فقد بلغت 836 كيلو وات عن نفس المدة.

الجدول (8) الطاقة الكهربائية الممكن إنتاجها بواسطة الرياح بناء على بيانات محطة درنة المناخية خلال الأعوام 1980–2010م.

الشهر	السرعة م/ث	قطر المروحة			
		126م	178.3م	90م	3.72م
يناير	6.38	0.79	1.5	0.4	693
فبراير	6.69	0.91	1.83	0.46	800
مارس	6.07	0.68	1.37	0.34	597
أبريل	5.86	0.61	1.23	0.31	537
مايو	5.2	0.43	0.86	0.21	375
يونيو	5.5	0.51	1.02	0.26	444
يوليو	6.79	0.95	1.92	0.48	836
أغسطس	6.53	0.85	1.7	0.43	744
سبتمبر	5.25	0.44	0.88	0.22	386
أكتوبر	4.94	0.36	0.4	0.18	322
نوفمبر	5.92	0.63	1.2	0.32	554
ديسمبر	6.58	0.87	1.7	0.44	761
المتوسط	5.98	0.65	1.31	0.33	571

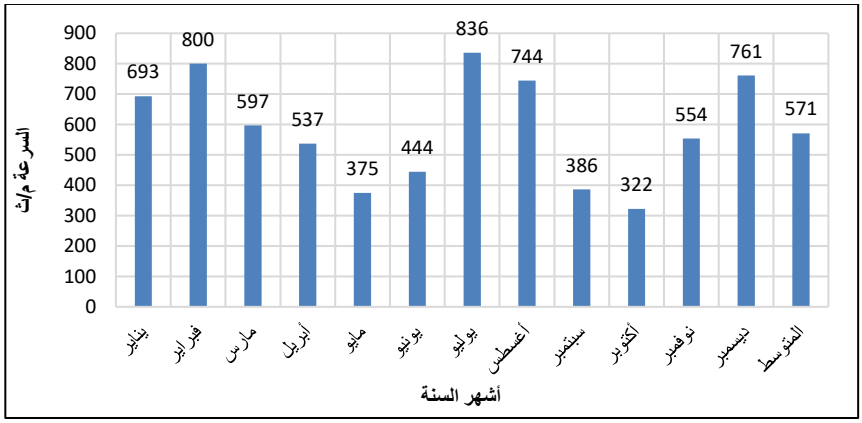
المصدر : أستناداً إلى بيانات الجدول (1).

الشكل (15) كمية الطاقة المنتجة بواسطة الرياح بمحطة درنة على عدد 3 أنواع توربينات بأقطار مروحة 126م، 178.3م، 90م (بالميجا وات).



المصدر : أستناداً إلى بيانات الجدول (8).

الشكل (16) كمية الطاقة المنتجة من سرعة الرياح بمحطة درنة على توربينة بقطر 3.72م (بالكيلو وات)



المصدر : أستناداً إلى بيانات الجدول (8).

بلغت أعلى متوسطات فصلية لسرعة الرياح في محطة درنة خلال الفترة 1980-2010م خلال فصل الشتاء حيث بلغت 6.6م/ث، يلية فصل الصيف بمتوسط سرعة فصلي بلغ 6.3 م/ث، يليه فصل الربيع بمتوسط سرعة 5.7 م/ث، وأخيراً فصل الخريف حيث بلغت فيه متوسطات سرعة الرياح 5.4 م/ث .

الجدول (9) مجموع سرعة الرياح ومتوسطاتها الفصلية بمحطة درنة 1980–2010م.

أسم	متوسط فصل	متوسط فصل	متوسط فصل	متوسط فصل
درنة	**6.6**	**5.7**	**6.3**	**5.4**

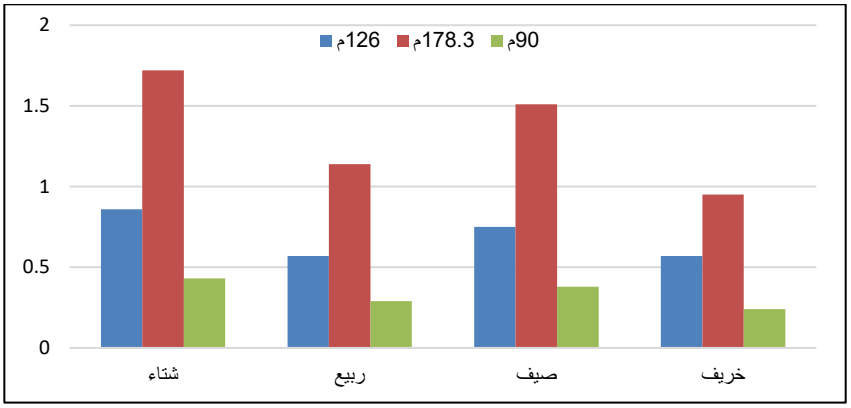
المصدر : أستناداً إلى بيانات الجدول (8)

الجدول (10) الطاقة الكهربائية الممكن إنتاجها بواسطة الرياح بناء على بيانات محطة درنة المناخية حسب المتوسطات الفصلية لسرعة الرياح خلال الأعوام 1980–2010م.

الفصل	السرعة م/ث	قطر المروحة			
		126م	178.3م	90م	3.72م
شتاء	6.55	0.86	1.72	0.43	750
ربيع	5.71	0.57	1.14	0.29	497
صيف	6.27	0.75	1.51	0.38	658
خريف	5.37	0.57	0.95	0.24	413

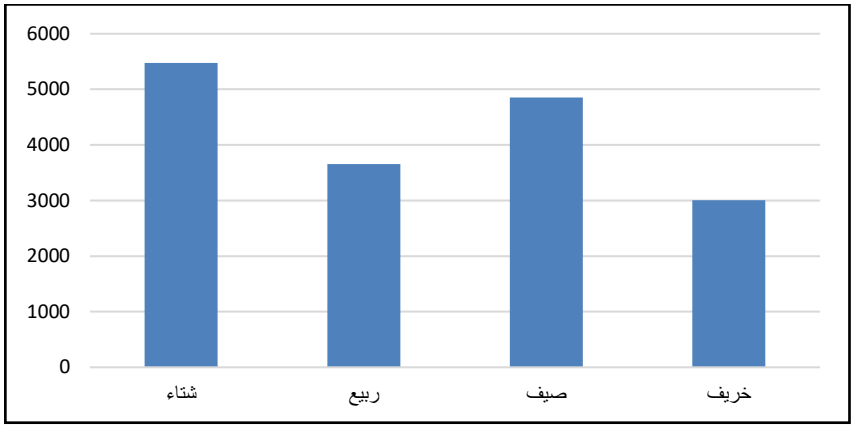
المصدر : أستناداً إلى بيانات الجدول (9).

الشكل (17) كمية الطاقة المنتجة بواسطة الرياح بمحطة درنة على عدد 3 أنواع مراوح بأقطار مروحة 126م، 178.3م، 90م، وذلك حسب متوسطات الرياح الفصلية (بالميجا وات)



المصدر : أستناداً إلى بيانات الجدول (9).

الشكل (18) كمية الطاقة المنتجة بواسطة الرياح بمحطة درنة على توربينة بقطر 3.72م وذلك حسب متوسطات الرياح الفصلية (بالكيلو وات).



المصدر : أستناداً إلى بيانات الجدول (9).

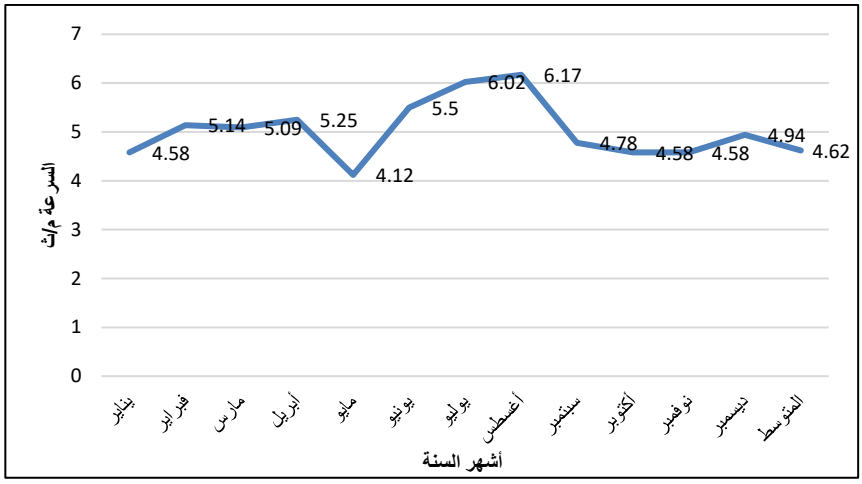
4- محطة الفتائح .

تقع محطة الفتائح على خط الطول 22.36 وعلى دائرى العرض 32.46، وهي على ارتفاع 253 متراً فوق مستوى سطح البحر وتبعد عن البحر بحوالي 7 كيلو متر، وتعتبر محطة الفتائح محطة زراعية، وتقع على المصطبة الثانية من مصاطب الجبل الأخضر.

بلغت أعلى سرعة للرياح بمحطة الفتائح خلال الفترة 1998 – 2007م حوالي 6.17م/ث، وقد كانت خلال شهر سبتمبر، أما أقل سرعة للرياح فقد كانت خلال مايو وبلغت سرعتها 4.12م/ث (الجدول 19) .

وقد بلغت أقصى سرعة في الفتائح خلال الفترة الموضحة 18.52م/ث وكان ذلك خلال شهر يناير 2003م (أمبارك، 2010، ص71).

الشكل (19) المتوسط الشهري لسرعة الرياح بمحطة الفتائح 1980–2010م.



المصدر : أستناداً إلى بيانات الجدول (1).

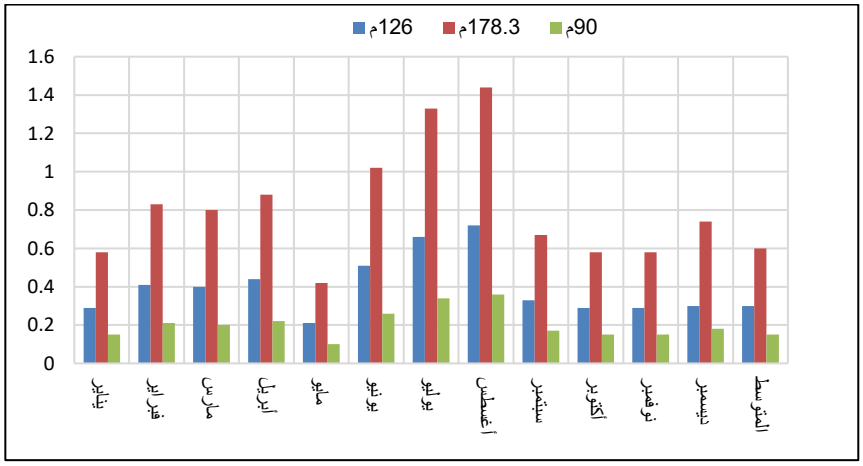
ومن خلال تطبيق المعادلة لحساب الطاقة الممكن إنتاجها بناء على متوسط سرعة الرياح في منطقة الفتائح، فإننا نجد أن أعلى سرعة يمكن إنتاجها قد بلغت خلال شهر أغسطس حيث بلغت 0.72 ميجاوات للتوربينة ذات قطر 126م، وبلغت 1.44 ميجاوات خلال نفس الفترة للتوربينة ذات قطر 187.3م، فيما بلغت 0.36 ميجا وات عن نفس المدة للتوربينة ذات قطر 90م، أما بخصوص التوربينة المنزلية ذات القطر 3.72م، فقد بلغت 627 كيلو وات عن نفس المدة .

الجدول (11) إنتاج الطاقة الكهربائية حسب قطر المروحة لمحطة الفتايح .

الشهر	السرعة م/ث	126م	178.3م	90م	3.72م
يناير	4.58	0.29	0.58	0.15	256
فبراير	5.14	0.41	0.83	0.21	362
مارس	5.09	0.4	0.8	0.2	352
أبريل	5.25	0.44	0.88	0.22	386
مايو	4.12	0.21	0.42	0.1	186
يونيو	5.5	0.51	1.02	0.26	444
يوليو	6.02	0.66	1.33	0.34	583
أغسطس	6.17	0.72	1.44	0.36	627
سبتمبر	4.78	0.33	0.67	0.17	291
أكتوبر	4.58	0.29	0.58	0.15	256
نوفمبر	4.58	0.29	0.58	0.15	256
ديسمبر	4.94	0.3	0.74	0.18	322
المتوسط	4.62	0.3	0.6	0.15	263

المصدر : أستناداً إلى بيانات الجدول (1).

الشكل (20) كمية الطاقة المنتجة بواسطة الرياح بمحطة المرج على عدد 3 أنواع توربينات بأقطار مروحة 126م، 178.3م، 90م، وذلك حسب متوسطات الرياح الشهرية (بالميجا وات).

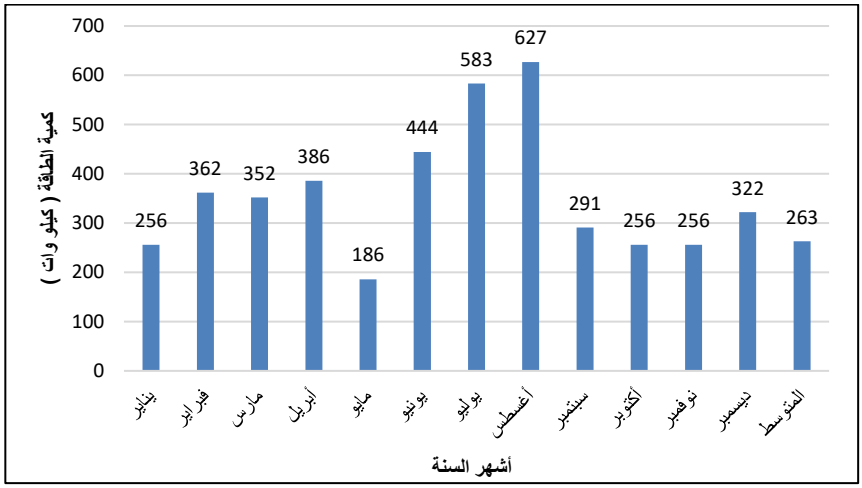


المصدر : أستناداً إلى بيانات الجدول (11).

بلغ أعلى متوسط فصلي لسرعة الرياح وذلك خلال البيانات المسجلة لمحطة أرصاد الفتائح عن الفترة 1998- 2007م خلال فصل الصيف حيث بلغت 5.9 م/ث يلية

فصل الشتاء بمتوسط سرعة فصلي يبلغ 4.9م/ث، ثم الربيع بمتوسط سرعة فصلي بلغ 4.8م/ث، وأخيراً فصل الخريف حيث بلغت 4.6 م/ث .

الشكل (21) كمية الطاقة المنتجة بواسطة الرياح بمحطة الفتائح على توربينة بقطر 3.72م وذلك حسب متوسطات الرياح الشهرية (بالكيلو/وات).



المصدر : أستناداً إلى بيانات الجدول (11).

الجدول (12) إنتاج الطاقة الكهربائية حسب متوسطات سرعة الرياح الفصلية بمنطقة الفتائح.

أسم المحطة	متوسط فصل	متوسط فصل	متوسط فصل	متوسط فصل
الفتائح	4.9	4.8	5.9	4.6

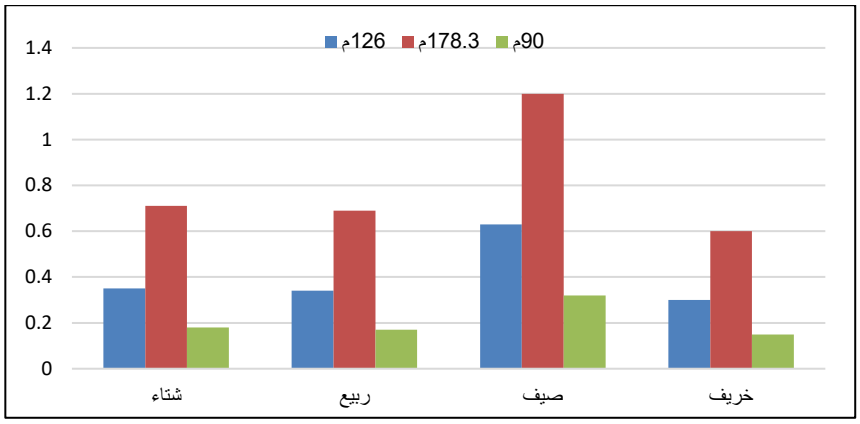
المصدر : أستناداً إلى بيانات الجدول (11)

الجدول (13) كميات الطاقة المنتجة بواسطة المراوح من خلال المتوسطات الفصلية لسرعة الرياح.

	السرعة م/ث	126م	178.3م	90م	3.72م
شتاء	4.89	0.35	0.71	0.18	312
ربيع	4.84	0.34	0.69	0.17	302
صيف	5.92	0.63	1.2	0.32	554
خريف	4.63	0.3	0.6	0.15	265

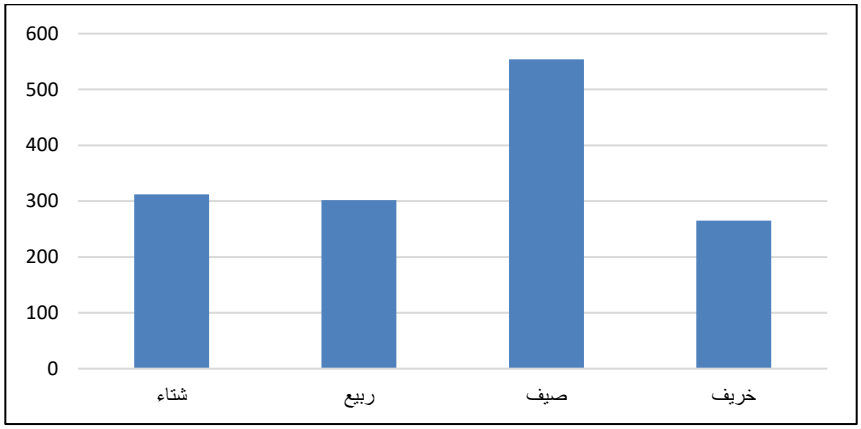
المصدر : أستناداً إلى بيانات الجدول (12).

الشكل (22) كمية الطاقة المنتجة بواسطة الرياح بمحطة الفتائح على عدد 3 أنواع توربينات بأقطار مروحة 126م، 178.3م، 90م، وذلك حسب متوسطات الرياح الفصلية (بالميجا وات).



المصدر : أستناداً إلى بيانات الجدول (12).

الشكل (23) كمية الطاقة المنتجة بواسطة الرياح بمحطة الفتائح على توربينة بقطر 3.72م وذلك حسب متوسطات الرياح الفصلية (بالكيلو وات)



المصدر : أستناداً إلى بيانات الجدول (12).

5- محطة المرج .

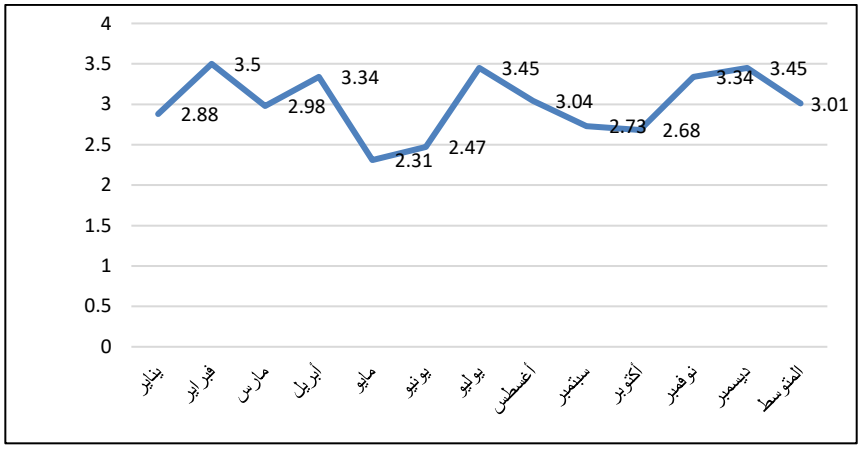
تقع محطة المرج على خط طول 20.52 شرقاً، ودائرة عرض 32.30 شمالاً، ويبلغ ارتفاعها عن سطح البحر حوال 285 متراً، وتبعد عن شاطئ البحر بحوالي 18 كيلو كتر، وهي تعتبر محطة زراعية وتقع على المصطبة الأولى من الجبل الأخضر .

بلغت اعلى متوسط لسرعة الرياح في محطة المرج خلال الفترة 1998 – 2007م، حوالي 3.5م/ث وذلك في شهر فبراير، فيما بلغت أقل سرعة للرياح خلال شهر مايو حيث بلغت 2.31م/ث (الشكل 24)، ومن أهم الأسباب التي أدت إلى تسجيل هذه السرعات

هو الموقع الجغرافي لمحطة المرج؛ وذلك لوقوعها في منطقة وسط الأشجار ووجود مصدات للرياح حول المحطة (أمبارك، 2010، ص68).

أن الرياح الشمالية الغربية هي السائدة في كل فصول السنة على منطقة المرج؛ وذلك لأن بعضها رياح دائمة مصدرها منطقة الضغط المرتفع الأزوري والآخر إعصاري (أمبارك، 2010، ص 72).

الشكل (24) المتوسط الشهري لسرعة الرياح بمحطة المرج 1998–2007م.



المصدر : أستناداً إلى بيانات الجدول (1).

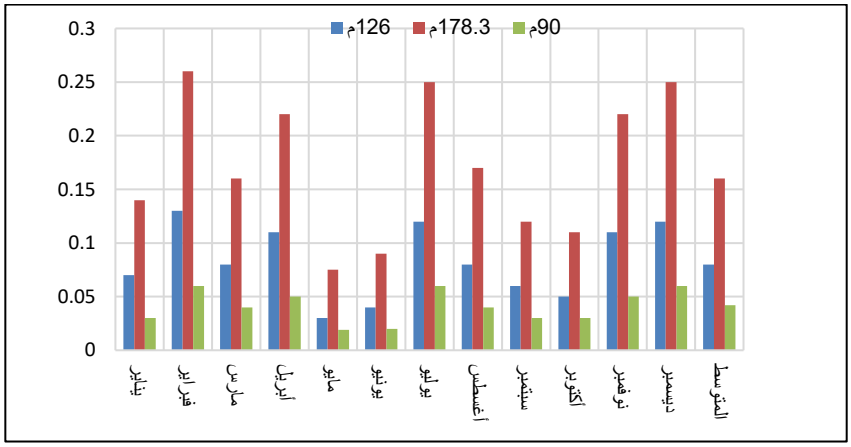
ومن خلال تطبيق المعادلة لحساب الطاقة الممكن إنتاجها بناء على متوسط سرعة الرياح في منطقة المرج، فإننا نجد أن أعلى سرعة يمكن إنتاجها قد بلغت خلال شهر يوليو وشهر ديسمبر حيث بلغت 0.12 للمروحة ذات قطر 126م، وبلغت 0.25 خلال نفس الفترة للمروحة ذات قطر 187.3م، فيما بلغت 0.06 عن نفس المدة للمروحة ذات قطر 90م، أما بخصوص للمروحة المنزلية ذات القطر 3.72م، فقد بلغت 109 كيلو وات عن نفس المدة .

الجدول (14) إنتاج الطاقة الكهربائية حسب قطر المروحة لمحطة المرج.

الشهر	السرعة م/ث	قطر المروحة			
		126م	178.3م	90م	3.72م
يناير	2.88	0.07	0.14	0.03	63
فبراير	3.5	0.13	0.26	0.06	114
مارس	2.98	0.08	0.16	0.04	70
أبريل	3.34	0.11	0.22	0.05	99
مايو	2.31	0.03	0.075	0.019	32
يونيو	2.47	0.04	0.09	0.02	40
يوليو	3.45	0.12	0.25	0.06	109
أغسطس	3.04	0.08	0.17	0.04	75
سبتمبر	2.73	0.06	0.12	0.03	54
أكتوبر	2.68	0.05	0.11	0.03	51
نوفمبر	3.34	0.11	0.22	0.05	99
ديسمبر	3.45	0.12	0.25	0.06	109
المتوسط	3.01	0.08	0.16	0.042	72

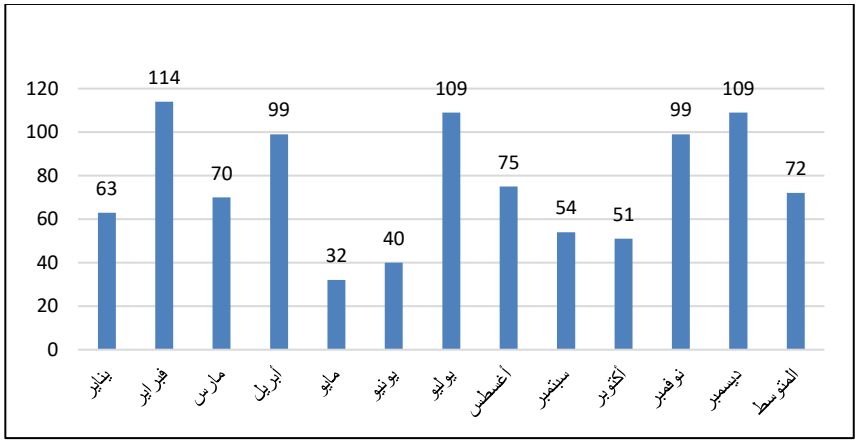
المصدر : أستناداً إلى بيانات الجدول (1).

الشكل (25) كمية الطاقة المنتجة بواسطة الرياح بمحطة المرج على عدد 3 أنواع توربينات بأقطار مروحة 126م، 178.3م، 90م، وذلك حسب متوسطات الرياح الشهرية (بالميجا وات)



المصدر : أستناداً إلى بيانات الجدول (14).

الشكل (26) كمية الطاقة المنتجة بواسطة الرياح بمحطة المرج على توربينة بقطر 3.72م
وذلك حسب متوسطات الرياح الشهرية (بالكيلو / وات)



المصدر : أستناداً إلى بيانات الجدول (14)

بلغت أعلى متوسط سرعة فصلي في محطة المرج حوالي 3.3م/ث خلال فصل الشتاء، يلية فصل الصيف الذي يبلغ به المتوسط للسرعة 3م/ث، ثم الربيع والخريف الذي تساوى فيه متوسط السرعة الفصلي حوالي 2.9 م/ث .

الجدول (15) إنتاج الطاقة الكهربائية حسب متوسطات سرعة الرياح الفصلية بمنطقة المرج

أسم	متوسط فصل	متوسط فصل	متوسط فصل	متوسط فصل
المرج	3.3	2.9	3.0	2.9

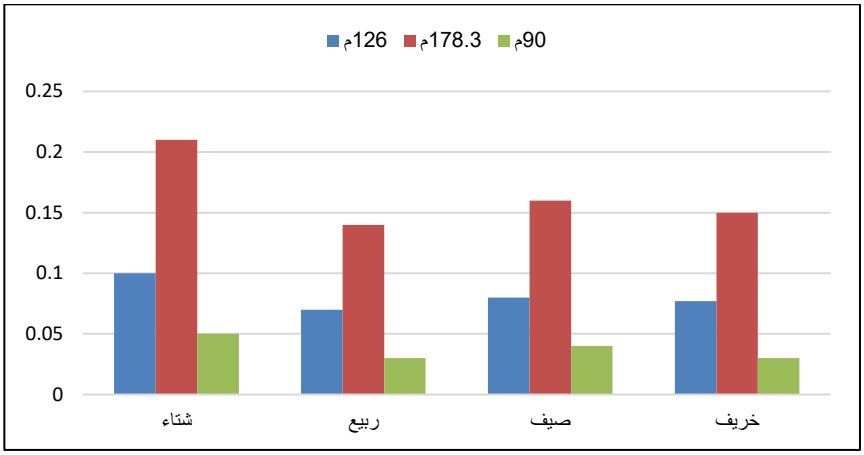
المصدر : أستناداً إلى بيانات الجدول (14).

الجدول (16) كميات الطاقة المنتجة بواسطة المراوح من خلال المتوسطات الفصلية لسرعة الرياح

	السرعة م/ث	126م	178.3م	90م	3.72م
شتاء	3.29	0.1	0.21	0.05	95
ربيع	2.88	0.07	0.14	0.03	63
صيف	2.98	0.08	0.16	0.04	70
خريف	2.93	0.077	0.15	0.03	67

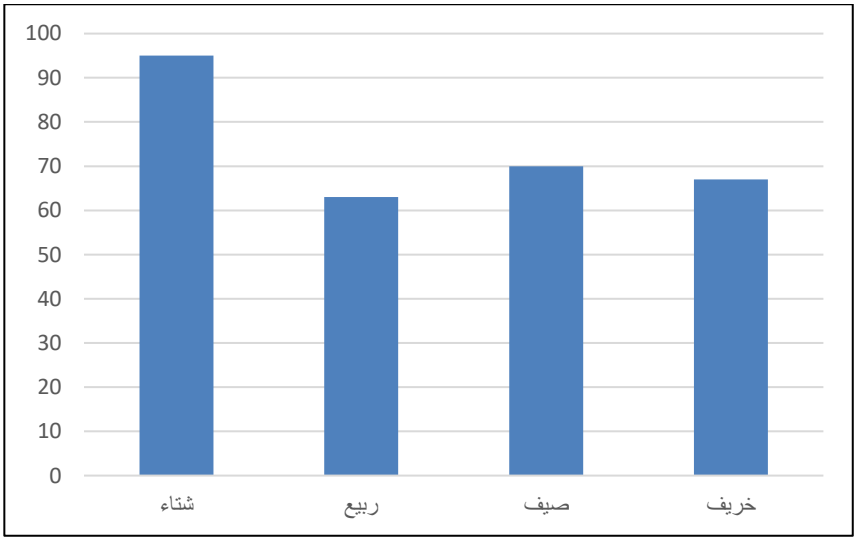
المصدر : أستناداً إلى بيانات الجدول (15).

الشكل (27) كمية الطاقة المنتجة بواسطة الرياح بمحطة المرج على عدد 3 أنواع توربينات بأقطار مروحة 126م، 178.3م، 90م، وذلك حسب متوسطات الرياح الفصلية (بالميجا وات).



المصدر : أستناداً إلى بيانات الجدول (16).

الشكل (28) كمية الطاقة المنتجة بواسطة الرياح بمحطة المرج على توربينة بقطر 3.72م وذلك حسب متوسطات الرياح الفصلية (بالكيلو وات)



المصدر : أستناداً إلى بيانات الجدول (16).

النتائج والتوصيات:

أولاً: النتائج: تبين من خلال الدراسة ما يأتي:

1- إمكانية توليد الطاقة الكهربائية وبكميات مختلفة حسب المحطات، حيث نجد أن المحطات في المناخ الشبه جاف هي الأعلى إنتاجاً من المحطات في المناخ الرطب والمناخ الشبه رطب .

2- إمكانية توليد طاقة كهربائية مناسبه للإحتياجات في المزارع إذا تم تركيب التوربينات ذات المروحة بقطر 3.72م .

3- إمكانية قيام مزارع رياح في كل من درنة والفتائح وبنينا؛ وذلك لوجود كمية من الطاقة المتولدة والناتجة عن المراوح ذات القطر 178.3م والتي تفوق 1 ميغا وات .

4- إنَّ سرعات الرياح تختلف حسب الفصول لكل منطقة مناخية، فنجد مثلاً أنه في محطة شحات نجد أن أعلى متوسط سرعة رياح فصلي كان في فصل الشتاء، وبنينا كان في الربيع، ودرنة في الشتاء، والفتائح في الصيف، والمرج في الشتاء، وهذا يبين مدى الاختلاف في السرعات على منطقة الدراسة خلال فصول السنة .

5- أختلاف قوة وسرعة الرياح الشهرية من منطقة لأخرى، فنجد أنه أعلى درجة شهرية قد سُجِّلت في محطة شحات قد بلغت 4.84 وذلك خلال شهر فبراير، بينما نجد أنه قد بلغت في بنينا في شهر أبريل حوالي 6.17، فيما كانت في درنة خلال شهر فبراير وبسرعة بلغت 6.69، والفتائح في شهر أغسطس 6.17، وأخيراً في المرج في شهر فبراير 3.5 م/ث .

6- إنَّ سرعة الرياح في أغلب المحطات بإستثناء محطة المرج قد ازدادت فيها سرعة الرياح عن 3.5 م/ث، وهي أقل سرعة تعمل عندها توربينه الرياح .

ثانياً: التوصيات:

1- إعداد دراسات لسرعة الرياح في المناطق الزراعية في منطقة المرج ومنطقة الوسيطة جنوب البيضاء؛ لحساب سرعتها وإمكانية توليد طاقة كهربائية تساعد المزارعين في عمليات الري والسقي للمزروعات .

2- التركيز على إنشاء مزارع رياح في كل من درنة والفتائح وبنينا، وربطها على الشبكة الكهربائية وأعتبارها كداعم لتوفير الطاقة الكهربائية للمدن .

3- التركيز على هذا النوع من الدراسات لما لها من دور في التنمية المستدامة .

المصادر والمراجع:

- أحمد، عمر خليل، (2016)، إمكانية استخدام طاقة الرياح لتوليد الكهرباء وسقي المزروعات في قضاء الحويجة شمال العراق، مجلة تكريت للعلوم الهندسية، العدد 23 .
- أمانة التخطيط، (1978)، مصلحة المساحة، الأطلس الوطني للجماهيرية العربية الليبية الشعبية الاشتراكية، طرابلس.
- أمبارك، الطيب فرج السنوسي، (2010)، التباين المكاني لعناصر المناخ لمنطقة الجبل الأخضر، دراسة في الجغرافيا المناخية، رسالة ماجستير (غير منشورة)، قسم الجغرافيا، كلية الآداب، جامعة الفاتح، طرابلس.
- بن علي، محسن، (2007)، خصائص الأمطار في منطقة الجبل الأخضر، دراسة في الجغرافيا المناخية، رسالة ماجستير (غير منشورة)، قسم الجغرافيا، كلية الآداب، جامعة قاريونس، بنغازي.
- الكشيرو، نوري أمحمد، و الشراولي، حبيب حميده، (2017)، دراسة فنية، اقتصادية لمشروع توليد الكهرباء بطاقة الرياح بسعة 26 ميجاوات بمسلاتة، المجلة الدولية المحكمة للعلوم الهندسية وتقنية المعلومات، المجلد 3، العدد 2، يونيو .
- المهدوي، محمد المبروك، (1998)، جغرافية ليبيا البشرية، منشورات جامعة قاريونس، بنغازي، ط3.
- النطاح، محمد، (1990)، الأرصاد الجوية، الدار الجماهيرية للنشر والتوزيع، مصراتة.
- wind power calculation ,RWE ,npower Renewables .
- wind power fundamentals , Alex Kalmikov and Katherien Dykes ,MIT Wind Energy Group & Renewable Energy Project in Action .
- World Meterological Organiztion (W . M . O)