Jerash for Research and Studies Journal مجلة جرش للبحوث والدراسات

Volume 20 | Issue 1 Article 9

2021

Spatial Analysis of Wind in Jordan to Determine the Suitable Locations for Establishment of Renewable Power Stations

محمد زيتون
جامعة اليرموك، إربد، الأردن, mohzayton@hotmail.com

Follow this and additional works at: https://digitalcommons.aaru.edu.jo/jpu

Part of the Engineering Commons

Recommended Citation

2021) محمد ,زيتون) "Spatial Analysis of Wind in Jordan to Determine the Suitable Locations for Establishment of Renewable Power Stations," *Jerash for Research and Studies Journal مجلة جرش للبحوث والدراسات*: Vol. 20 : Iss. 1 , Article 9.
Available at: https://digitalcommons.aaru.edu.jo/jpu/vol20/iss1/9

This Article is brought to you for free and open access by Arab Journals Platform. It has been accepted for inclusion in Jerash for Research and Studies Journal مجلة جرش للبحوث والدراسات by an authorized editor. The journal is hosted on Digital Commons, an Elsevier platform. For more information, please contact rakan@aaru.edu.jo, marah@aaru.edu.jo, u.murad@aaru.edu.jo.

Spatial Analysis of Wind in Jordan to Determine the Suitable Locations for Establishment of Renewable Power Stations

Cover Page Footnote

جميع الحقوق محفوظة لجامعة جرش 2019. قسم الجغرافيا، جامعة اليرموك، إربد، الأردن.

This article is available in Jerash for Research and Studies Journal مجلة جرش للبحوث والدراسات:
https://digitalcommons.aaru.edu.jo/jpu/vol20/iss1/9

مجلة جرش للبحوث والدراسات المجلد 20 العدد 1، 2019، ص ص 269- 296

التحليل المكاني للرياح في الأردن لتحديد انسب المواقع لإنشاء محطات توليد الطاقة المتجددة

Spatial Analysis of Wind in Jordan to Determine the Suitable Locations for Establishment of Renewable Power Stations

محمد عبد الكريم زيتون *

تاريخ الاستلام 2018/2/7 تاريخ القبول 2018/3/12

ملخص

هدفت هذه الدراسة إلى تحليل بيانات الرياح من حيث السرعة والاتجاه في (24) محطة مناخية موزعة في الأردن، شملت وادي الاردن، المرتفعات الشرقية، إضافة إلى البادية الجنوبية والشرقية. حيث تم تحليل المتوسطات السنوية والفصلية والشهرية لبيانات تلك المحطات، وتقدير كثافة الطاقة الكهربائية المحتملة لكل منها، واستخدمت المنهج التحليلي لتحليل بيانات الرياح من حيث السرعة والاتجاه. وتوصلت الدراسة إلى أن الاتجاه السائد للرياح في الاردن هو الاتجاه الغربي الذي يظهر بوضوح في فصلي الربيع والخريف حيث تراوحت درجات اتجاهها بين (260-265°) في الخريف وبين(280-285°) في الربيع، إلا أنها تهب من الشمال الغربي في الصيف، ومن الجنوب الغربي في الشتاء.

تراوح متوسط السرعة السنوية للرياح في الاردن بين (0.7م/ث) في غور الصافي، و(5.2م/ث) في رأس منيف، حيث أمكن تصنيف المحطات إلى ثلاث مجموعات بناء على معدل السرعة. وفيما يتعلق بالمعدل الفصلي لسرعة الرياح في محطات الدراسة احتل فصل الربيع المرتبة الأولى حيث بلغ المعدل (2.83م/ث)، يليه فصل الصيف بفارق ضئيل اذ بلغ المعدل (2.77م/ث)، وبلغ المعدل في فصلي الشتاء والخريف(2.48م/ث) و(2.08م/ث)على التوالي.

وبالنسبة لكثافة الطاقة المحتملة فقد بلغت أعلاها في رأس منيف (88.1 واط/م^2/س)، ثم تلتها العقبة حيث قدرت كثافة الطاقة المحتملة فيها بنحو (41.4 واط/م^2/س). ثم بلغت الطاقة المحتملة لكل من مأدبا، الأزرق الجنوبي، والصفاوي (35.2، 33.7، 32.6 واط/م^2/س). كما بلغت (22.3 واط/م^2/س) في مطار عمان المدني، و(21.6 واط/م^2/س) في الطفيلة، بينما بقية المحطات كانت الطاقة المحتملة فيها اقل من (20 واط/م^2/س).

الكلمات المفتاحية: طاقة الرياح، الطاقة المتجددة، مناخ الاردن.

© جميع الحقوق محفوظة لجامعة جرش 2019.

* قسم الجغرافيا، جامعة اليرموك، إربد، الأردن.

Published by Arab Journals Platform, 2021

Abstract

The aim of this study is to analyze wind data in terms of speed and direction in 24 meteorological stations spreading over different areas in Jordan such as Jordan Valley, the Eastern Highlands, and Southern and Eastern Badia. Annual, seasonal and monthly averages of the winds data were analyzed to estimate the density of potential power in every meteorological station. The results show that the wind trends in Jordan are mostly the western trend. This has been found in spring and autumn with a speed ranges between 280-285º and 260-265º respectively. Furthermore, northwest winds were found in summer whereas south-west winds was in winter.

The annual average of wind speed in Jordan ranges between (0.7 m/s) in Ghour Al Safi and (5.2 m/s) in Ras Manif. Based on their average of the wind speed meteorological stations in Jordan were categorized into three groups. Based on the seasonal averages, the highest winds speed was in spring season (2.83 m/s) whereas in summer season a slight decrease of wind speed was noticed (2.77 m/s). The situation of wind speed in winter and autumn was (2.48 m/s) and (2.08 m/s) respectively. Regarding the density of potential energy, the highest values was in Ras Muntif (88.1W/m²/h), followed by Aqaba (41.4 W/m²/h), Madabba (35.2 W/m²/h) South Azraq (33.7 W/m²/h), Safawi (32.6 W/m²/h) Amman Civil Airport (22.3 W/m²/h) and Tafileh (21.6 W/m² /h). The density of potential energy in other meteorological stations was less than (20W/ m²/ h).

Keywords: Wind Energy, Renewable Energy, Jordan Climate.

مقدمة:

تعرف الرياح بأنها الحركة الأفقية للهواء (غانم،2012)، حيث تمتاز بتغير اتجاهها وسرعتها نتيجة لتغير أنماط الضغط الجوي من مكان لآخر (Eaglman,1985)، تبعا لتباين درجات الحرارة والرطوبة والتضاريس والكتل الهوائية (غانم،2012)، ويمكن التعامل مع حركة الهواء على المستوى التفصيلي (Micro Scale) كونها موردا طبيعيا يمكن استثمارها والاستفادة منها في توليد الطاقة (حمادة،2008)، وذلك بتحويل حركة الرياح الى طاقة كهربائية، باستخدام مراوح (Turbines) تديرها الرياح، ويتم تحويل دورانها إلى كهرباء بواسطة مولدات كهربائية. وينتج عن اختلاف درجات الحرارة والضغط الجوي انتقال الهواء من المناطق الباردة ذات الضغط العالي الى المناطق الدافئة ذات الضغط المنخفض، وتؤثر على سرعة الرياح قوة انحدار الضغط وقوة الاحتكاك بسطح الأرض والذي يقلل من سرعة الرياح ومقدار طاقتها (النوري والساكني،2014).

وتعد طاقة الرياح من مصادر الطاقة المتجددة، حيث تمتاز بالوفرة والنظافة وسهولة الاستعمال والديمومة، فاستغلال طاقة الرياح من خلال إنشاء محطات أو مزارع طاقة الرياح ليس

لها إثر بيئي سلبي، فهي الأقل في مستوى انبعاث غاز ثاني أكسيد الكربون المسبب الرئيسي لظاهرة الاحتباس الحراري، إلا أنها تحتاج مساحات واسعة من الأراضي تبلغ نحو 1كم^2/5-9 ميجاواط (المركز الإقليمي للطاقة المتجددة وكفاءة الطاقة،2012). كما إن استغلال طاقة الرياح يرتبط بسرعتها التي ينبغي ألا تقل في المتوسط عن 8 ميل في الساعة، أي نحو 3.57632م/ث، وتتناسب القوة التي يمكن الحصول عليها من نظام طاقة الرياح مع مكعب سرعة الرياح (الراوي والسامرائي،1990).

إن نتائج الطاقة المحتملة للرياح ينبغي أن تعتمد على متوسطات سرعات الرياح، كما إنها تعتمد على عوامل أخرى، وخاصة تباين سرعة الرياح حول المتوسط (Justus & Yalcin, 1976). فسرعة الرياح هي العنصر الأكثر أهمية الذي ينبغي قياسه وتحليله (Burton T, et al,2001). ويؤكد ذلك أول المعايير الفنية لدى وزارة الطاقة والثروة المعدنية الأردنية لإقامة محطات توليد الطاقة الكهربائية اعتماداً على طاقة الرياح وهو تحليل بيانات سرعة الرياح لعدة سنوات، ومن ثم قياسها عملياً سنة واحدة على الأقل بعد اختيار الموقع (وزارة الطاقة والثروة المعدنية الأردنية،2017). كما إن مضاعفة سرعة الرياح يزيد الطاقة المنتجة بثمانية أضعاف، فالمراوح في منطقة ما تبلغ سرعة الرياح فيها 12م/ث ستولد 8 أضعاف الطاقة الكهربائية المولدة في منطقة تبلغ سرعة الرياح فيها 6م/ث. لذا فان من أهم محددات استغلال الطاقة الريحية هو تغير سرعة الرياح، (غانم،2010). ومع زيادة ارتفاع توربين الرياح تزداد سرعة الرياح بنسبة 10% فتزيد تبعا لذلك طاقة الرياح بنسبة 34% (Burton et al, 2001). والمناطق ذات الرياح النشطة السريعة والأكثر ثباتا هي المفضلة لإنشاء مشاريع الطاقة الريحية، وعند التخطيط لإقامة مشاريع الطاقة الريحية لا بد من عمل دراسة مناخية تحدد فيها سرعات الرياح المختلفة واتجاهها بناء على بيانات الرياح المقاسة ولفترة زمنية مناسبة (Wind Rose) (غانم،2010).

وتختلف سرعة الرياح المطلوبة لتوليد الطاقة باختلاف حجم المروحة، فكلما زاد نصف قطر المروحة زادت كمية الطاقة الكهربائية المنتجة، ويفضل أن تكون سرعة الرياح بين 12-60كم/الساعة، فإذا كانت سرعة الرياح اقل من 12كم/الساعة اي حوالي3 م/ث تكون الطاقة المنتجة قليلة وغير اقتصادية، ومع تزايد سرعة الرياح يزيد إنتاج الطاقة، ولكن إذا زادت سرعة الرياح عن 60كم/الساعة اي حوالي16م/ث تزيد احتمالية خطر تدمير منشآت توليد الطاقة الكهربائية (غانم، 2010).

إن استكشاف طاقة الرياح في الأردن تأتي من عاملين الأول يتمثل في ارتفاع الطلب على الطاقة في الأردن، والثاني توفر مصادر طاقة الرياح (Ababneh,2009). وتقدر كلفة إقامة محطة لتوليد الطاقة من الرياح في الأردن لإنتاج 100-150 ميغاواط بحوالي 290 مليون دولار، في

Jerash for Research and Studies Journal ???? ??? ?????? ?????????, Vol. 20 [2021], Iss. 1, Art. 9

حين تقدر كلفة إقامة محطة الطاقة الشمسية لإنتاج 100 ميغاواط بحوالي 560 مليون دولار (Halasa, 2010). وفيما يتعلق بالطاقة الجديدة والمتجددة فان مساهمتها في عام 2016 من مجموع الطاقة الكلي لا تزيد عن 5%، وتطمح وزارة الطاقة والثروة المعدنية الأردنية للوصول الى 10% عام 2020. وقد تم توقيع اتفاقيات شراء الطاقة لجميع مشاريع الرياح ضمن الجولة الأولى للعروض المباشرة وعددها خمس شركات باستطاعة إجمالية 330 ميغاوات، ومن المتوقع تشغيل هذه المشاريع في عامي 2018 و2019. (وزارة الطاقة والثروة المعدنية الأردنية، 2016).

مشكلة الدراسة:

تبرز مشكلة الدراسة في التحليل المكاني لخصائص الرياح ممثلة في السرعة والاتجاه لتحديد انسب المواقع لإنشاء محطات الطاقة المتجددة في الأردن من خلال الإجابة عن التساؤلات التالية:

1. ما الطاقة المتجددة المحتملة التي يمكن الحصول عليها من طاقة الرياح في الأردن؟
2. كيف تتباين سرعة واتجاه الرياح في الأردن زمانيا ومكانيا؟
3. ما أفضل المناطق في الأردن للحصول على طاقة الرياح؟

أهداف الدراسة:

1. تحديد الطاقة المتجددة المحتملة التي يمكن الحصول عليها من طاقة الرياح.
2. تحليل التباين الزماني والمكاني في سرعة واتجاه الرياح في الأردن.
3. تحديد أفضل المناطق للحصول في الأردن للحصول على طاقة الرياح.

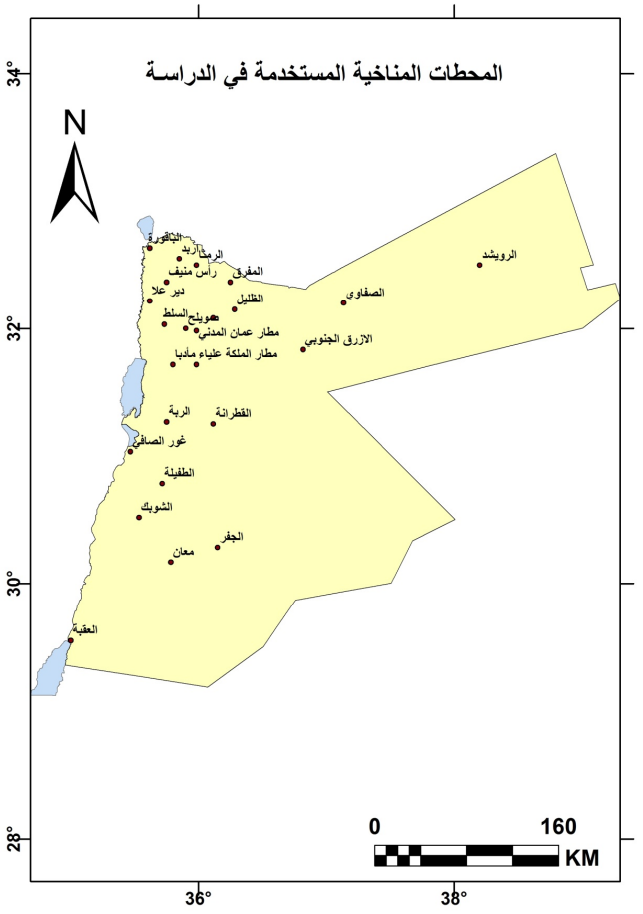
أهمية الدراسة:

تأتي أهمية الدراسة في تحديد انسب المناطق لإقامة محطات توليد الطاقة الكهربائية من الرياح في الأردن، في ظل التوجه المحلي نحو استثمار مصدر الطاقة المتجددة لتوليد الطاقة الكهربائية وخاصة طاقة الرياح على نحو تجاري واقتصادي صديق للبيئة. كما تأتي أهميتها من أن الاختيار السليم لمواقع محطات توليد الطاقة الكهربائية من طاقة الرياح يسهم في رفع كفاءتها ويقلل من الخسائر التي قد تحدث في حال عدم اختيار المواقع بشكل سليم.

https://digitalcommons.aaru.edu.jo/jpu/vol20/iss1/9 4

منطقة الدراسة:

تمثل الأردن الحدود المكانية لمنطقة الدراسة (شكل، 1) التي تقع الى الجنوب من غرب آسيا وتبلغ مساحتها الإجمالية نحو 89.213 كم^2، وتمتد بين خطي طول 34′58° و18′ 39° شرقا، وبين دائرتي عرض 45″10′29° و50″ 22′ 33° شمالا، حيث يسود مناخ البحر المتوسط في المناطق الشمالية والمرتفعات، في حين يسود المناخ الصحراوي في المناطق الجنوبية والشرقية، والمناخ شبه المداري في وادي الأردن، ويتأثر مناخ الأردن بمجموعة من العوامل الجغرافية كالموقع الفلكي الذي يحدد البعد أو القرب من مسار المنخفضات الجوية ومراكز توزيع الضغط الجوي والرياح التي ترافقها شتاء، وكذلك الموقع الجغرافي الذي يحدد موقع التضاريس بالنسبة إلى الأشكال الأرضية الأخرى.



الشكل (1): توزيع المحطات المناخية المستخدمة في الدراسة

Jerash for Research and Studies Journal ???? ??? ?????? ?????????, Vol. 20 [2021], Iss. 1, Art. 9

ويؤثر في سرعة واتجاهات الرياح التي يتعرض لها الأردن التوزيع الجغرافي لمراكز الضغط الجوي في الحوض الشرقي للبحر المتوسط وجنوب غرب آسيا. كالمرتفع السيبيري والمرتفعات الأخرى المتفرعة عنه المتمركزة فوق هضاب أرمينيا والأناضول وشمال العراق، والضغط المداري المرتفع فوق شمال إفريقيا. وكذلك مركز الضغط المنخفض فوق شرق البحر المتوسط، ومنخفض البحر الأحمر، ومنخفض الخليج الفصلي، ومراكز المنخفضات الحرارية التي تتكون فوق شمال الجزيرة العربية. ويتحكم في الحركة اليومية للكتل الهوائية واتجاهات الرياح عوامل أخرى مثل مواقع المنخفضات الجوية ومساراتها وامتداد أو انحسار أحواض المنخفضات السطحية ونتوءات المرتفعات الجوية. (شحادة،1990).

المنهجية:

لتحقيق أهداف هذه الدراسة تم الاعتماد على المنهج التحليلي المتعلق بتحليل بيانات الرياح الشهرية والفصلية والسنوية في الأردن لتحديد انسب المناطق لإقامة محطات توليد الطاقة الكهربائية من الرياح، وذلك من خلال ما يأتي:

أولا: مصادر بيانات الدراسة-

تم استخدام بيانات السرعة والاتجاه للرياح في 24 محطة مناخية تتوزع في الاردن، حيث توفرت بيانات سرعة الرياح لفترات زمنية تباينت ما بين 15-39 سنة، أما بيانات الاتجاه فقد تراوحت الفترة الزمنية للتسجيل بين 11-15 سنة في 20 محطة مناخية، باستثناء الزرقاء 7سنوات، الرمثا 5 سنوات، الطفيلة 8 سنوات، ولم تتوفر بيانات اتجاه الرياح بالنسبة لمحطة مأدبا، (جدول، 1):

الجدول (1): بيانات المحطات المناخية المستخدمة في الدراسة:

المحطة	المحافظة	الإحداثيات		المنسوب/م	توفر بيانات سرعة الرياح	توفر بيانات اتجاه الرياح
		خط الطول	خط العرض			
رأس منيف	عجلون	35° 45′	32° 22′	1150	2015-1977	2015-2000
الرويشد	المفرق	38° 12′	32° 30′	683	2015-2000	2015-2000
الصفاوي	المفرق	38° 08′	32° 12′	674	2015-1977	2015-2001
المفرق	المفرق	36° 15′	32° 22′	686	2015-1977	2015-2000
الرمثا	اربد	35° 59′	32° 30′	590	2014-2000	2012-2006

https://digitalcommons.aaru.edu.jo/jpu/vol20/iss1/9 6

المحطة	المحافظة	الإحداثيات		المنسوب/م	توفر بيانات سرعة الرياح	توفر بيانات اتجاه الرياح
		خط الطول	خط العرض			
مطار الملكة علياء الدولي	عمان	35° 57′	31° 47′	722	2015-1977	2015-2000
القطرانة	الكرك	36° 07′	31° 15′	768	2015-2000	2015-2000
الطفيلة	الطفيلة	35° 38′	30° 50′	1260	2015-2000	2015-2006
الربة	الكرك	35° 45′	31° 16′	920	2015-1978	2015-2000
مطار العقبة	العقبة	35° 00′	29° 33′	51	2015-1977	2015-2001
معان	معان	35° 47′	30° 10′	1069	2015-1977	2015-2000
الشوبك	معان	35° 32′	30° 31′	1365	2015-1979	2015-2000
الجفر	معان	36° 09′	30° 17′	865	2015-1981	2015-2001
اربد	اربد	35° 51′	32° 33′	616	2015-1977	2015-2000
دير علا	البلقاء	35° 37′	32° 13′	-244	2015-1978	2015-2001
مطار عمان المدني	عمان	35° 59′	31°59′	780	2015-1977	2015-2000
الأزرق الجنوبي	الزرقاء	36° 49′	31°50′	521	2015-2000	2015-2000
الزرقاء	الزرقاء	36° 07′	32° 08′	644	2015-2000	2015-2007
وادي الظليل	الزرقاء	36° 17′	32° 09′	580	2015-2000	2015-2000
مأدبا	مأدبا	35° 48′	31° 43′	785	2007-2000	-
السلط	البلقاء	35° 44′	32° 02′	915	2015-1992	2015-2000
غور الصافي	الكرك	35° 28′	31° 02′	-350	2015-1979	2015-2000
صويلح	عمان	35° 54′	32° 00′	1050	2014-2010	2010-2010
الباقورة	اربد	35° 37′	32° 38′	-170	2015-1978	2015-2000

المصدر: إعداد الباحث بالاعتماد على النشرات الإحصائية السنوية لدائرة الأرصاد الجوية الأردنية

ثانيا: إجراءات الدراسة-

- استخدام بيانات سرعة الرياح بالعقدة* لأربعة وعشرين محطة مناخية في الأردن تباينت في أطوالها الزمنية ما بين 15-39 سنة، وتم تحويل سرعة الرياح إلى متر لكل ثانية باستخدام العلاقة التالية (https://www.weather.gov/epz/wxcalc_windconvert):

$$\textbf{Wind m/s} = 0.5144444 \times \textbf{Wind kts}$$

حيث:

Wind m/s: سرعة الرياح م/ث

0.5144444: ثابت

Wind kts: سرعة الرياح بالعقدة

- استخراج المعدلات السنوية طويلة الأمد لسرعة الرياح، والمتوسط العام، وكذلك المتوسطات الفصلية، للمحطات المناخية الأربعة والعشرين التي شملتها الدراسة.
- تحليل بيانات اتجاه الرياح بالدرجة 0-360° للمحطات المناخية للفترة الزمنية 2000-2015، حيث تم تمثيل اتجاه الرياح السائدة من خلال وردات الرياح للمتوسطات السنوية العامة، والمتوسطات الشهرية، وكذلك المتوسطات الفصلية، للمحطات المناخية الاثنتين والعشرون التي توفرت لها بيانات الاتجاه.
- تقدير متوسط كثافة طاقة الرياح المحتملة (wind power potential) في الأردن، اعتمادا على متوسطات سرعة الرياح م/ث من خلال العلاقة التالية (Hennessey, J.P. 1977):

$$P = \frac{1}{2} P' V^3$$

حيث:

P= طاقة الرياح (واط/م^2).

P' = كثافة الهواء (قيمة ثابتة = 1.29 كغم/م^3).

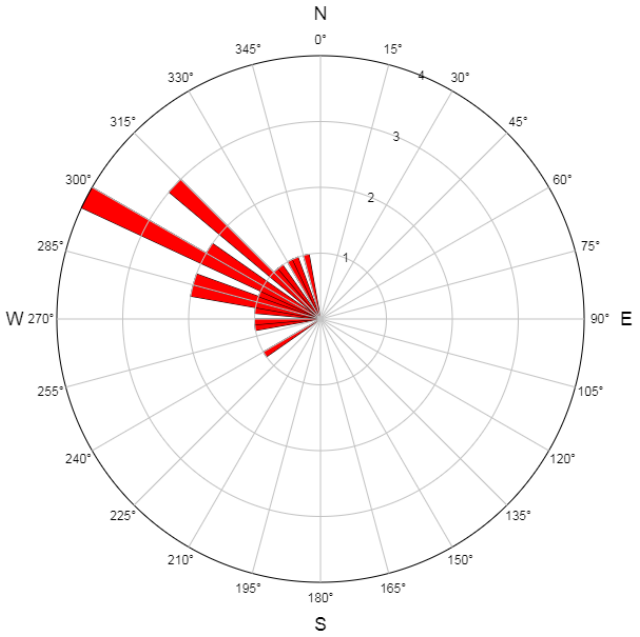
V^3 = سرعة الرياح (م/ث).

- استخدام برمجية نظام المعلومات الجغرافي **GIS** لإعداد خرائط توزيع مساحية (Interpolation) لكل مما يلي:
  - المحطات المناخية المستخدمة في الدراسة.
  - المتوسط السنوي لسرعة الرياح في الأردن.
  - متوسط كثافة طاقة الرياح المحتملة في الأردن للمحطات المناخية في الأردن.

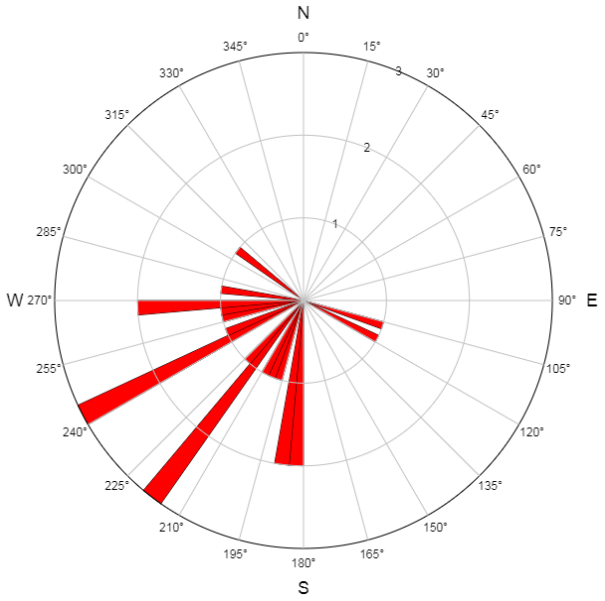
التحليل والمناقشة:

أولا: اتجاهات الرياح السائدة-

تتغير اتجاهات الرياح في الأردن خلال فصول السنة، وخاصة ما بين الصيف والشتاء. حيث يتعرض الاردن خلال السنة إلى نظامين من الرياح السائدة، ففي فصل الصيف تهب على الاردن رياح غربية إلى شمالية غربية (شكل،2). أما في فصل الشتاء فتهب على الاردن رياح غربية إلى جنوبية غربية (شكل،3)، ترافق المنخفضات الجوية التي تقع مساراتها إلى الشمال الشرقي من الاردن. وخلال فصلي الربيع والخريف تهب الرياح الغربية (الأشكال:5،4) حيث يتراوح معدل درجات اتجاهها ما بين (255-285°) و(255-270°) على التوالي. ففي الربيع يتراجع تأثير المنخفضات الجوية وتنشط المنخفضات الخماسينية وحالات عدم الاستقرار الجوي. أما في الخريف فان الاردن يشهد بداية تكون المنخفضات الجوية، ويتعرض لحالات عدم الاستقرار الجوي المرتبطة بمنخفض البحر الأحمر.

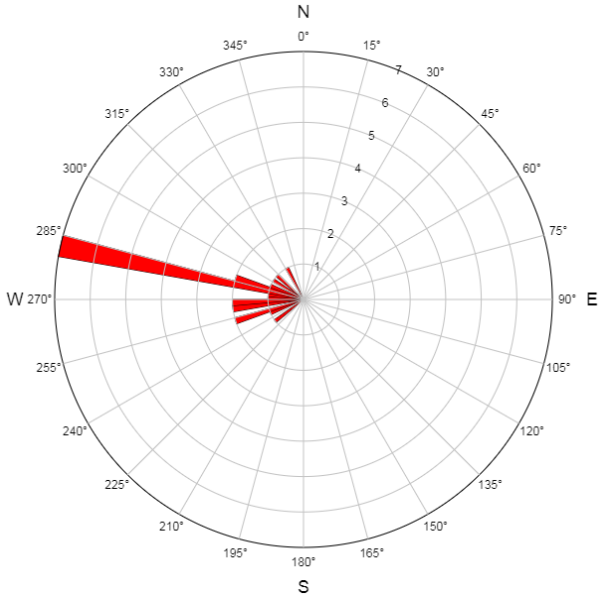


الشكل (2): اتجاه الرياح السائدة في الاردن في فصل الصيف للفترة 2000-2015.

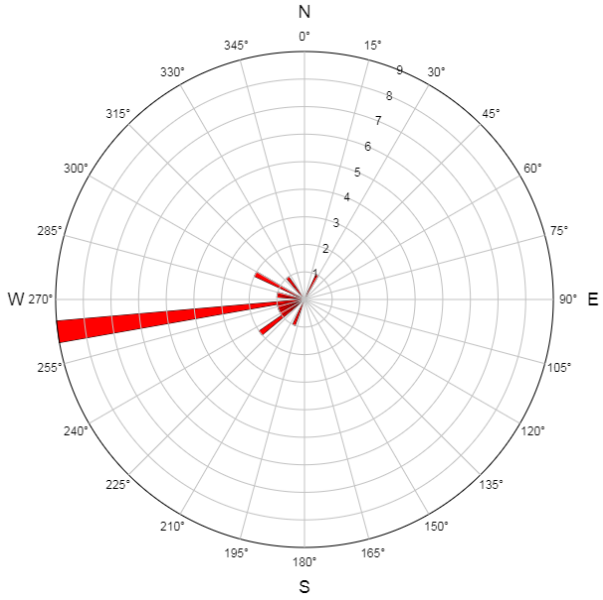


الشكل (3): اتجاه الرياح السائدة في الاردن في فصل الشتاء للفترة 2000-2015.

المصدر: إعداد الباحث باستخدام الموقع التالي:-http://www.yongtechnology.com/yong-lab/online/rose-diagram

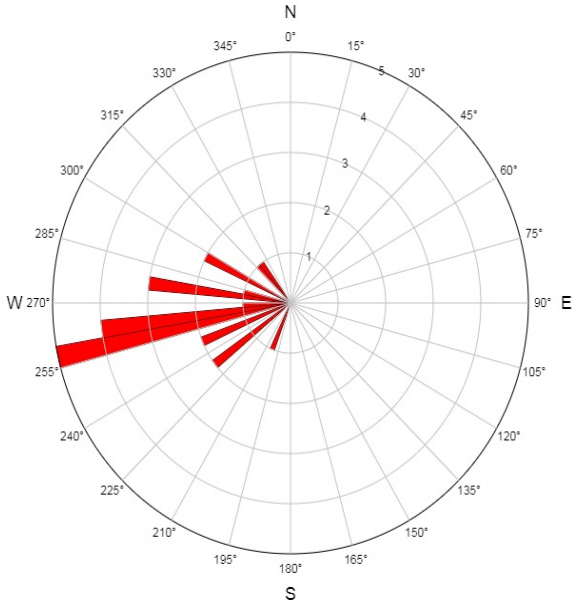


الشكل (4): اتجاه الرياح السائدة في الاردن في فصل الربيع للفترة 2000-2015.

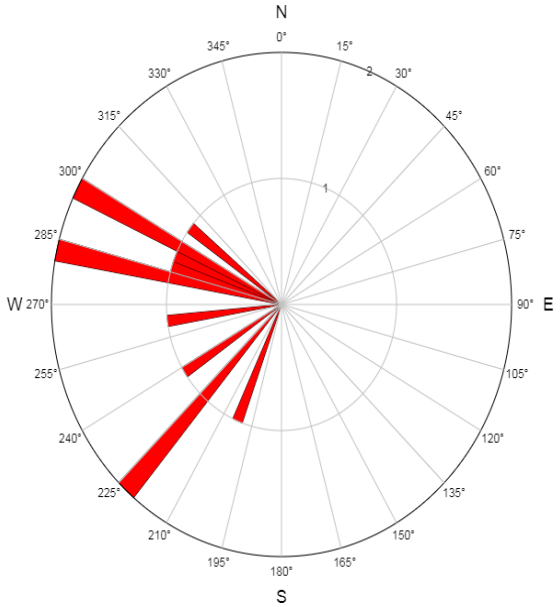


الشكل (5): اتجاه الرياح السائدة في الاردن في فصل الخريف للفترة 2000-2015

وبوجه عام يمكن القول إن الرياح السائدة في معظم مناطق الأردن بوجه عام هي رياح غربية، حيث يتبين ذلك من (شكل،6)، الذي يبين الاتجاه الغربي للرياح السائدة في الاردن اعتمادا على المتوسطات السنوية للفترة 2000-2015، كما يتبين أيضا من (شكل،7) إن الرياح تبقى ذات اتجاه غربي أو قريب من الغربي بناء على المتوسطات الشهرية للاتجاه للفترة 2000-2015، ويستثنى من ذلك وادي الأردن الذي تسود فيه طوال العام رياح شمالية الى شمالية غربية كالعقبة وغور الصافي (الجدول،2)، حيث تضعف لامتداده الطولي من الشمال إلى الجنوب ووقوعه بين المرتفعات الشرقية والمرتفعات الغربية في كل من الاردن وفلسطين.



الشكل (6): اتجاه الرياح السائدة في الاردن اعتمادا على المتوسطات السنوية للفترة 2000-2015.



الشكل (7): اتجاه الرياح السائدة في الاردن بناء على المتوسطات الشهرية للفترة 2000-2015.

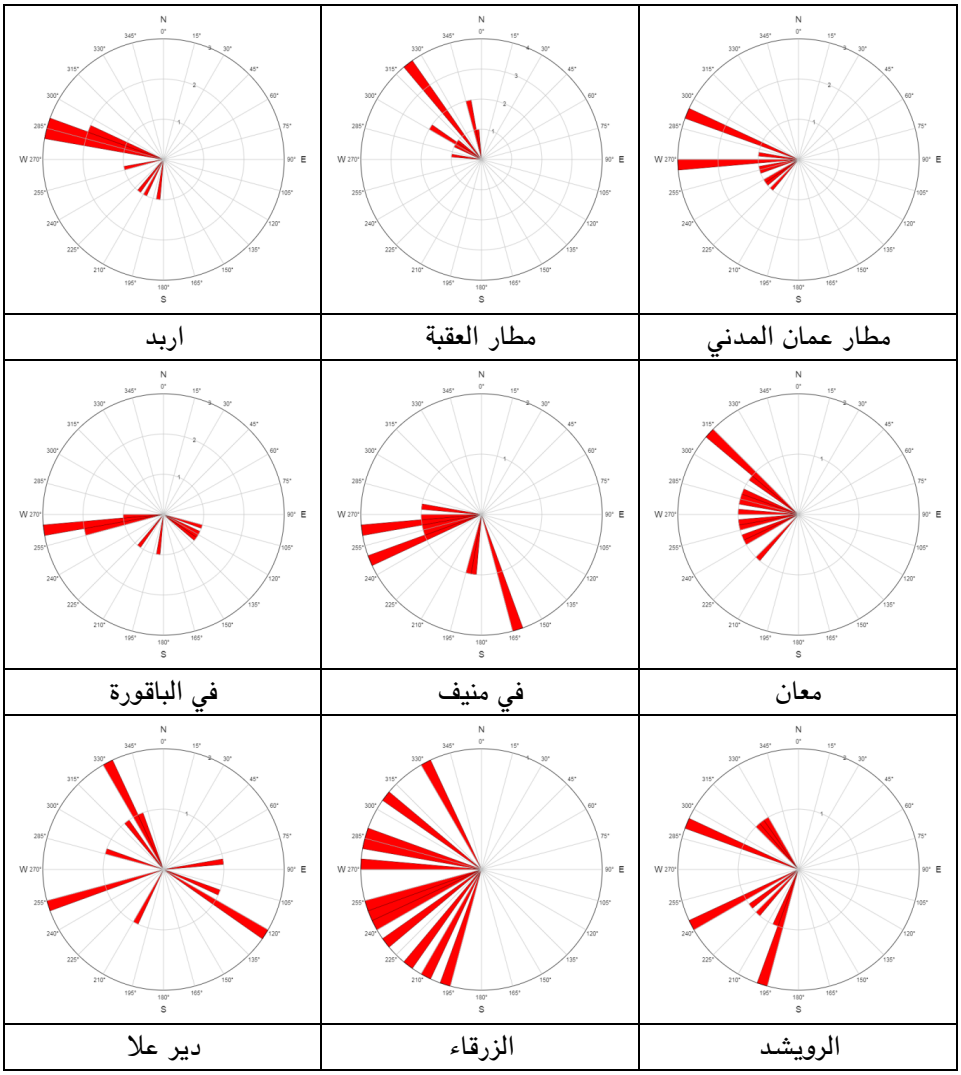
المصدر: إعداد الباحث باستخدام الموقع التالي:http://www.yongtechnology.com/yong-lab/online-rose-diagram /

ويبين الجدول (2) المتوسط السنوي لاتجاه الرياح للمحطات المناخية للفترة 2000-2015، حيث يغلب عليها الاتجاه الغربي بشكل عام. الا انه عندما يتم تمثيل بعض من تلك المحطات المناخية من خلال وردات الرياح (شكل،8) والتي تمثل بدورها المرتفعات كمحطة رأس منيف، ومناطق البادية الشرقية كمحطة الرويشد، ومنطقة وادي الأردن كمحطة دير علا. يتبين من وردات الرياح أن هناك تباينا واضحا في الاتجاه السائد للرياح على مدار العام، إذ يمكن تكون الرياح شمالية غربية الى جنوبية غربية كما هو الحال في الزرقاء، وكذلك يمكن أن تكون غربية الى جنوبية غربية في رأس منيف، وغربية في الباقورة في الزاوية الشمالية الغربية من الأردن، إلا أنها تصبح شمالية الى شمالية غربية في أقصى جنوب الأردن في مدينة العقبة. وهذا يدل على انه لا يوجد اتجاه واضح سائد في المناطق الطبيعة في الأردن ممثلة بوادي الأردن، والمرتفعات، ثم البادية الأردنية. إلا انه يمكن القول انه بالاتجاه جنوبا تصبح الرياح شمالية بشكل واضح.

الجدول (2): المتوسط السنوي لاتجاه الرياح بالدرجة للمحطات المناخية للفترة 2000-2015:

المنطقة	الاتجاه	الدرجة	المنطقة	الاتجاه	الدرجة
صويلح	غربية	275	الصفاوي	غربية	296
الظليل	غربية	246	العقبة	شمالية/شمالية غربية	318
الزرقاء	غربية	256	دير علا	غربية/جنوبية غربية	230
الرمثا	غربية	248	الربة	غربية	275
الطفيلة	غربية	257	الجفر	شمالية/غربية	297
الازرق الجنوبي	غربية	281	معان	غربية	275
القطرانة	غربية	264	الشوبك	غربية	260
مطار عمان المدني	غربية	258	الرويشد	غربية	257
غور الصافي	شمالية/شمالية غربية	320	اربد	غربية	263
السلط	غربية	266	الباقورة	غربية	203
رأس منيف	غربية/ جنوبية غربية	232	المفرق	غربية	259
مطار الملكة علياء	غربية	262			

المصدر: اعداد الباحث



الشكل (8): اتجاه الرياح السائدة في الأردن للفترة 2000-2015 في عدد من المحطات المناخية

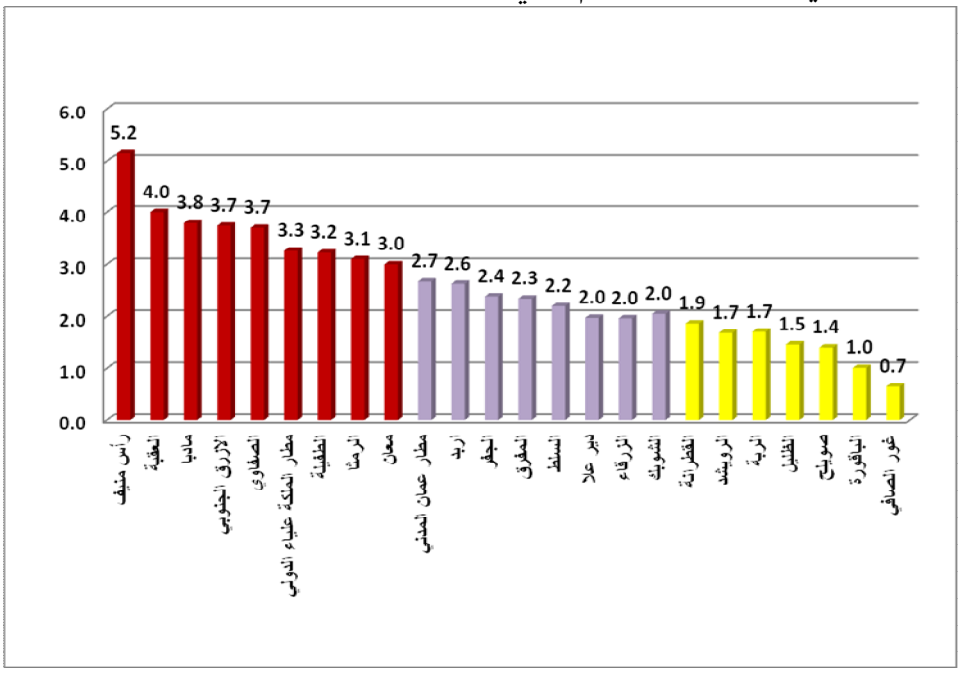
المصدر: إعداد الباحث باستخدام الموقع:-http://www.yongtechnology.com/yong-lab/online-rose-diagram/

ثانيا: سرعة الرياح-

سرعة الرياح السنوية:

اتضح من تحليل بيانات سرعة الرياح التي تهب على الأردن أنها تمتاز باعتدال سرعتها، فقد تراوحت المعدلات السنوية لسرعة الرياح في الأردن بين 0.7م/ث في غور الصافي، و5.2 م/ث في رأس منيف، وتراوحت بينها بقية المعدلات لبقية المحطات المناخية، كما بلغ المعدل العام لسرعة الرياح في الأردن نحو 2.5م/ث أو ما يعادل 207كم/يوم. وقد آمكن تصنيف المحطات المناخية والمناطق التي تمثلها إلى ثلاث مجموعات من حيث المتوسط السنوي لسرعة الرياح، على النحو الآتي(الأشكال،10،9):

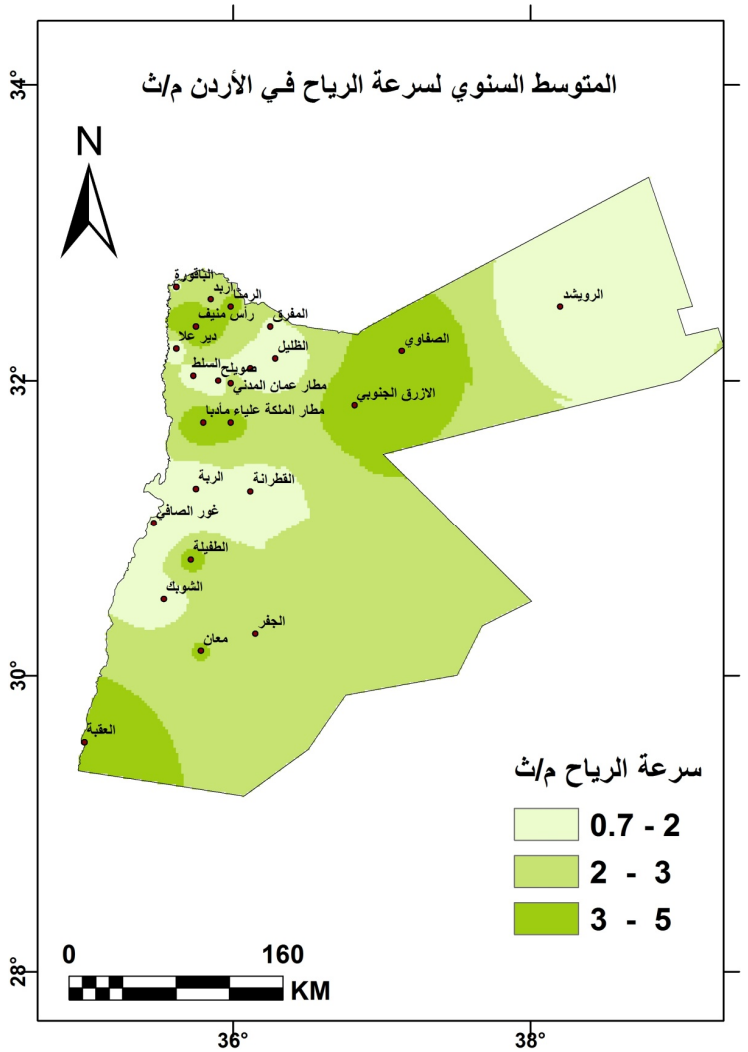
1-المحطات التي تراوح المعدل السنوي لسرعة الرياح فيها بين 3-5م/ث، حيث كانت أعلاها في رأس منيف حيث متوسط سرعة الرياح فيها 5.2م/ث، ثم تلتها مباشرة العقبة التي بلغ معدل السرعة فيها 4م/ث، وبلغت نحو 3.8م/ث في مأدبا، وكذلك 3.7م/ث في كل من الأزرق والصفاوي، وتراوحت بين3-3.3م/ث في مطار الملكة علياء، الطفيلة، الرمثا، معان.



الشكل (9): المتوسط السنوي لسرعة الرياح في الأردن

2- المحطات التي تراوح المعدل السنوي لسرعة الرياح فيها بين 2-3م/ث، حيث بلغت أعلى المتوسطات 2.7م/ث في مطار عمان المدني، ثم 2.6م/ث في اربد، وكذلك 2.4م/ث في الجفر، المفرق 2.3م/ث، السلط 2.2م/ث، وبلغت 2م/ث في كل من دير، الزرقاء، والشوبك.

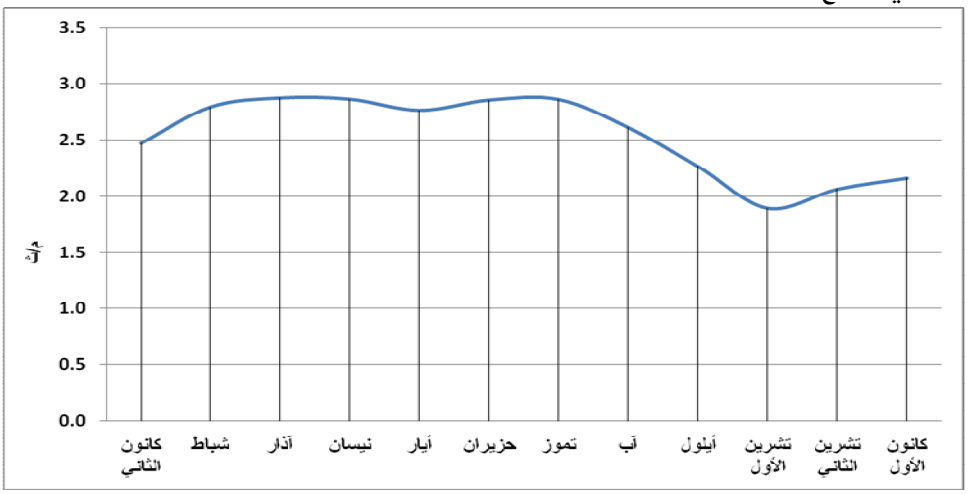
3-المحطات التي انخفض المعدل السنوي لسرعة الرياح فيها عن 2م/ث، حيث بلغت 1.9م/ث في القطرانة، 1.7م/ث في الربة والرويشد، 1.5 في الظليل، 1.4 في صويلح، 1م/ث في الباقورة، 0.7م/ث في غور الصافي.



الشكل (10): المتوسط السنوي لسرعة الرياح في الأردن/ المصدر: إعداد الباحث.

المعدل الشهري لسرعة الرياح:

تراوح المتوسط الشهري لمحطات الدراسة بين 1.9م/ث في شهر تشرين الأول و2.9م/ث في كل من تموز، حزيران، نيسان، آذار، كما بلغ المتوسط 2.8م/ث في شهر شباط، أما بقية أشهر السنة فقد تراوح متوسط سرعة الرياح لها بين 2.1 و2.5 م/ث. ويلاحظ انخفاض المتوسط الشهري لجميع المحطات المناخية خلال أشهر الخريف(شكل،11).



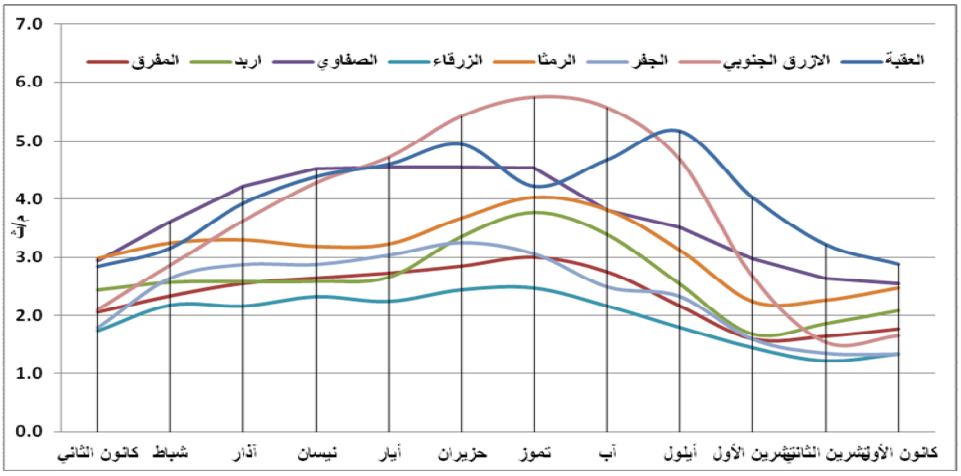
الشكل (11): المعدل الشهري لسرعة الرياح في الاردن.

أمكن تصنيف محطات الدراسة إلى ثلاث مجموعات بناء على المتوسط الشهري لسرعة الرياح:

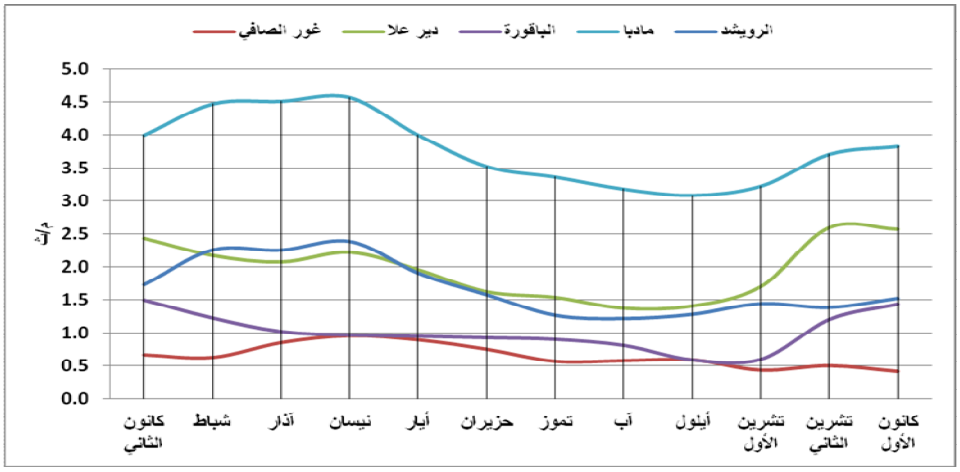
المجموعة الأولى (شكل،12) المحطات المناخية التي تتميز بارتفاع المتوسطات الشهرية لسرعة الرياح في فصلي الربيع والصيف، حيث يبدأ المعدل الشهري بالارتفاع مع بداية أشهر الربيع وتصل أعلى معدلاتها خلال أشهر الصيف، ثم تبدأ بالانخفاض معدلاتها خلال أشهر، الخريف وتصل اقل معدلاتها في فصل الشتاء. وتشمل محطات: العقبة، الأزرق، الجفر، الرمثا، الزرقاء، الصفاوي، اربد، والمفرق.

أما المجموعة الثانية (شكل،13) تمتاز بارتفاع معدلاتها الشهرية لسرعة الرياح خلال أشهر الربيع والشتاء، ومن ثم انخفاض متوسطاتها الشهرية في أشهر الصيف وتعاود ارتفاعها التدريجي في الخريف من شهر أيلول. وتشمل المحطات: الرويشد، مأدبا، الباقورة، دير علا، وغور الصافي.

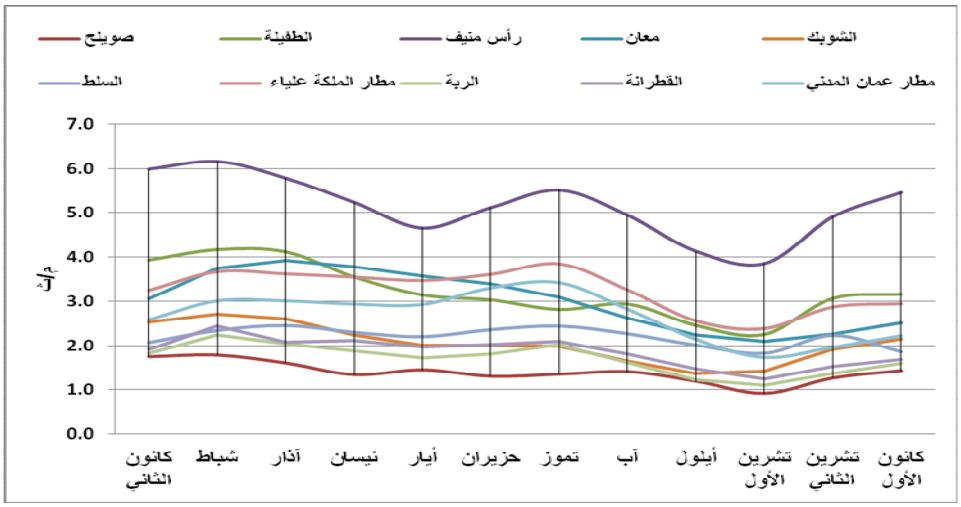
وبالنسبة للمجموعة الثالثة (شكل،14) فان متوسطاتها الشهرية تبقى متقاربة بشكل عام لمعظم أشهر السنة، إلا أنها تنخفض في أشهر الخريف، وتشمل محطات: الشوبك، معان، رأس منيف، الطفيلة، صويلح، مطار عمان المدني، القطرانة، الربة، مطار الملكة علياء، والسلط.



الشكل (12): المحطات المناخية التي تتميز بارتفاع المتوسطات الشهرية لسرعة الرياح في فصلي الربيع والصيف.



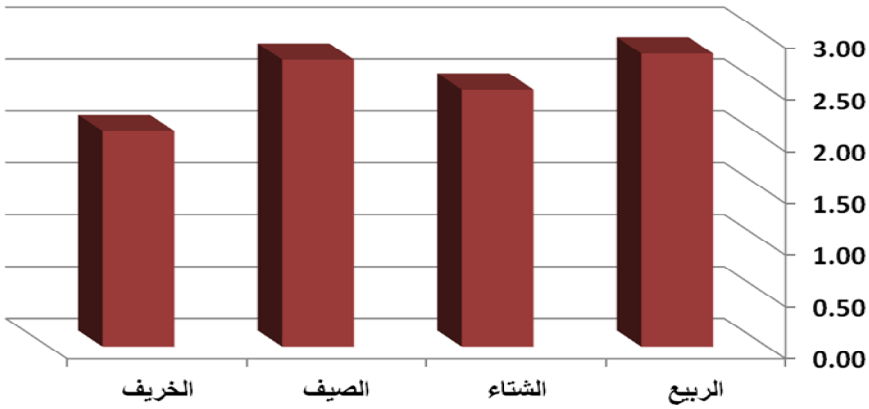
الشكل (13): المحطات المناخية التي تتميز بارتفاع المتوسطات الشهرية لسرعة الرياح في فصلي الربيع والشتاء.



الشكل (14): المحطات المناخية التي تتميز بتقارب معدلاتها الشهرية لمعظم أشهر السنة وتنخفض في أشهر الخريف

المعدل الفصلي لسرعة الرياح:

يتباين المعدل الفصلي لسرعة الرياح في الأردن، إذ يحتل فصل الربيع المرتبة الأولى فبلغ متوسط سرعة الرياح لجميع المحطات 2.83م/ث، يليه فصل الصيف بفارق ضئيل حيث بلغ المتوسط 2.77م/ث، ثم يأتي الشتاء في المرتبة الثالثة بمتوسط 2.48م/ث،. ولا تظهر في سرعة الرياح التي يتعرض لها الأردن فصلية واضحة بين الصيف والشتاء، ولكن سرعة الرياح في فصل الخريف اقل منها في بقية الفصول الذي بلغ متوسط السرعة فيه 2.08 م/ث لجميع المحطات (شكل، 14).

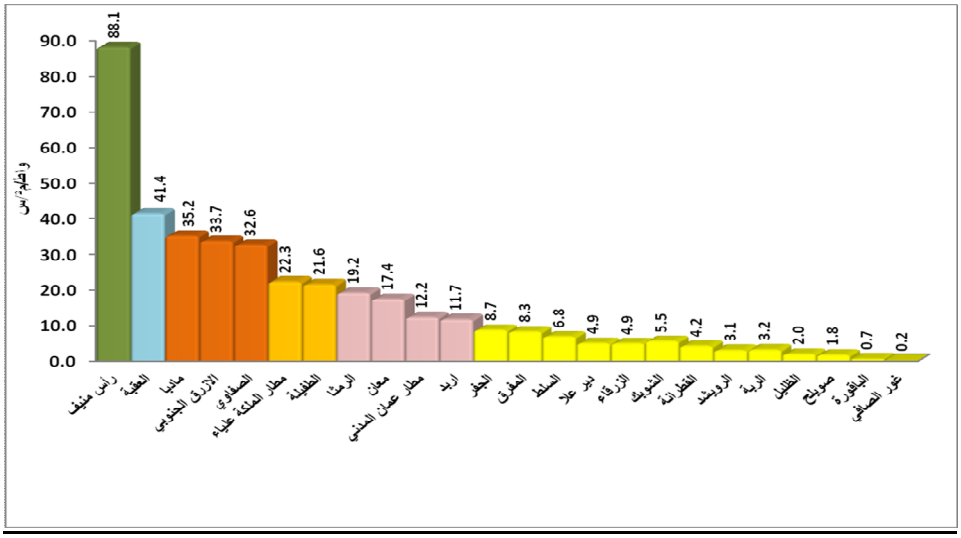


الشكل (15): المعدل الفصلي لسرعة الرياح في الاردن.

ثالثا: تحليل بيانات الرياح لتوليد الطاقة الكهربائية-

الطاقة السنوية

إن تقدير الطاقة المحتملة للرياح في محطات الدراسة يساعد في تحديد أفضل المناطق التي يمكن الحصول من خلالها على كميات مناسبة من الطاقة الكهربائية، حيث أظهرت النتائج تباينا في متوسطات كثافة الطاقة المحتملة التي تم تقديرها للمحطات المناخية بناء على سرعة الرياح، فقد بلغت أعلى قيمها في رأس منيف (88.1 واط/م^2/س)، تلتها العقبة بفارق يصل إلى نحو 47% حول النصف تقريبا حيث بلغ متوسط الطاقة السنوية المحتملة لها (41.4واط/م^2/س)، مما يجعلها أكثر المناطق الملائمة لإنشاء محطات الطاقة الكهروريحية، بينما بلغت اقل المتوسطات لكثافة الطاقة المحتملة في غور الصافي اذ بلغت (.2واط/م^2/س) (الأشكال،17،16).



الشكل (16): متوسط كثافة طاقة الرياح المحتملة للمحطات المناخية في الأردن.

وقد أمكن تصنيف المناطق التي شملتها الدراسة إلى خمس مجموعات من حيث كثافة الطاقة المحتملة لتلك المناطق وذلك على النحو الآتي(شكل،15):

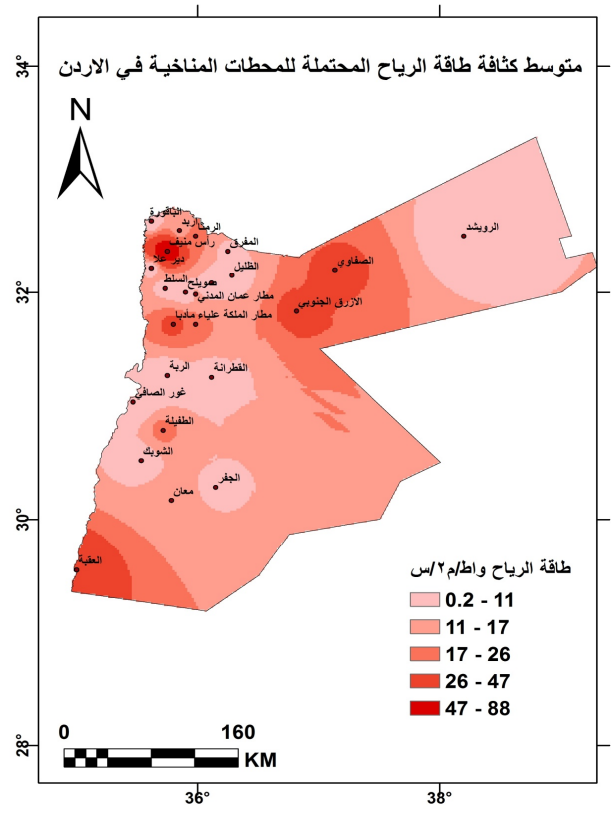
1- المحطات التي بلغت كثافة الطاقة المحتملة فيها أعلى المعدلات وتراوحت بين (40-90 واط/م^2/س) وتتمثل في رأس منيف في الشمال والعقبة في أقصى الجنوب، فقد بلغت في رأس منيف (88.1 واط/م^2/س)، تلتها العقبة بفارق يصل إلى نحو 47% تقريبا حيث بلغ متوسط الطاقة السنوية المحتملة لها (41.4واط/م^2/س).

2- المحطات التي تراوحت كثافة الطاقة المحتملة فيها بين (30-40 واط/م^2/س) وتتمثل في مأدبا، الأزرق الجنوبي، الصفاوي، فقد بلغت فيها كثافة الطاقة (35.2، 33.7، 32.6 واط/م^2/س)، على التوالي.

3- المحطات التي تراوحت كثافة الطاقة المحتملة فيها بين (20-30 واط/م^2/س)، حيث بلغت مطار الملكة علياء الدولي (22.3 واط/م^2/س)، كما بلغت كثافة الطاقة في الطفيلة (19.2، 17.4، 12.2، 11.7 واط/م^2/س)، على التوالي.

4- المحطات التي تراوحت كثافة الطاقة المحتملة فيها بين (10-20 واط/م^2/س) وتتمثل في الرمثا، معان، مطار عمان المدني، اربد، فقد بلغت فيها كثافة الطاقة (21.6واط/م^2/س).

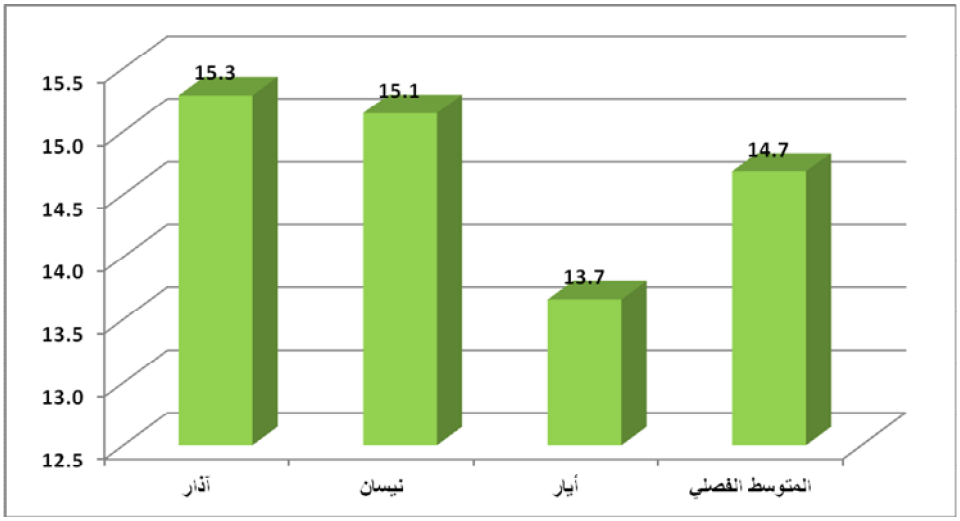
5- المحطات التي قلت كثافة الطاقة المحتملة عن (10 واط/م^2/س) وتتمثل باقي المناطق التي شملتها الدراسة.



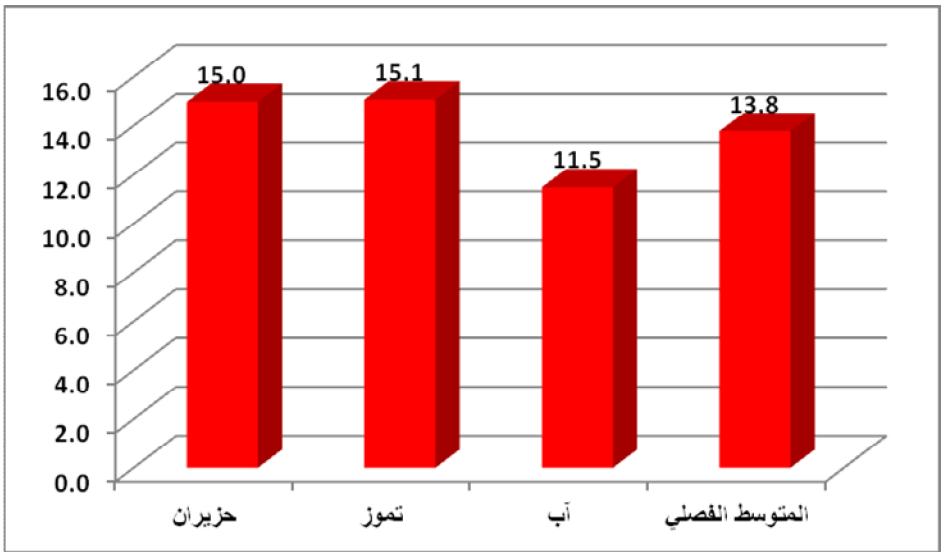
الشكل (17): متوسط كثافة طاقة الرياح المحتملة للمحطات المناخية في الاردن.

المصدر: إعداد الباحث

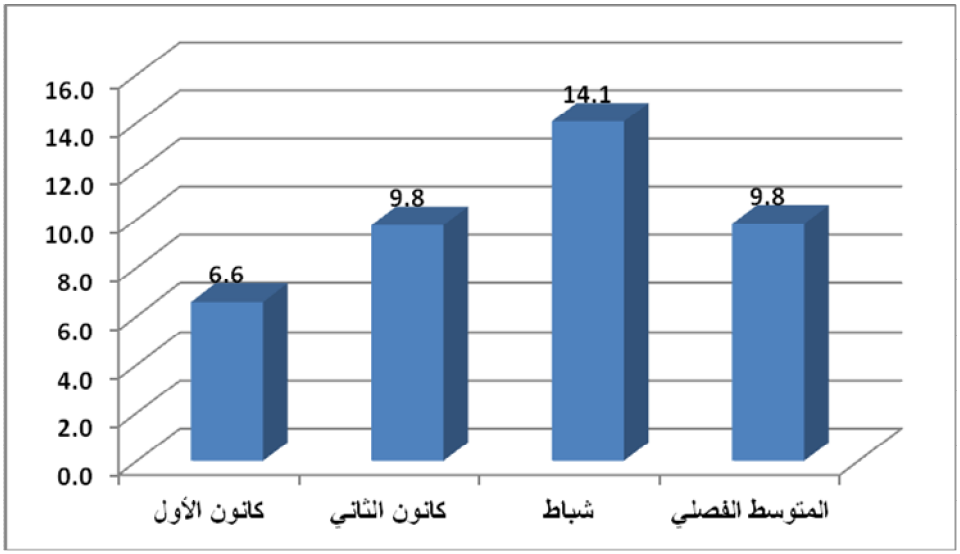
ويلاحظ أن الطاقة المقدرة للمحطات تباينت أيضا خلال فصول السنة (الأشكال، 18،19،20،21) وخلال أشهر السنة المختلفة تبعا لتباين متوسطات سرعة الرياح، فقد احتل فصل الربيع المرتبة الأولى من حيث معدل الطاقة المحتملة حيث بلغت(14.7واط/م^2/س)، كانت أعلى قيمها في شهري آذار ونيسان، (15.3، 15.1 واط/م^2/س) على التوالي. وجاء في المرتبة الثانية فصل الصيف حيث بلغ معدل الطاقة المحتملة (13.8 واط/م^2/س)، بلغت نحو (15 واط/م^2/س) في شهري حزيران وتموز، انخفضت إلى نحو (11.5 واط/م^2/س) في شهر آب. وجاء فصل الشتاء في المرتبة الثالثة اذ بلغ متوسط الطاقة المحتملة فيه (9.8 واط/م^2/س) بلغت أعلى قيمها (14.1 واط/م^2/س) في شهر شباط. ثم بلغ معدل الطاقة المحتملة (5.8 واط/م^2/س) في فصل الخريف.



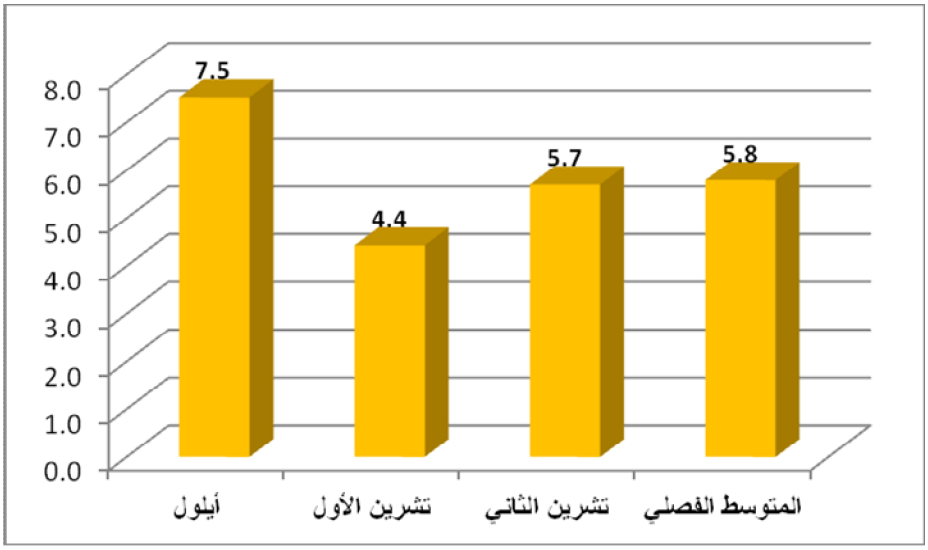
الشكل (18): كثافة طاقة الرياح واط/م^2/س في فصل الربيع.



الشكل (19): كثافة طاقة الرياح واط/م^2/س في فصل الصيف.



الشكل (20): كثافة طاقة الرياح واط/م^2/س في فصل الشتاء.



الشكل (21): كثافة طاقة الرياح واط/م^2/س في فصل الخريف.

المناطق المقترحة لإقامة محطات طاقة الرياح في الأردن:

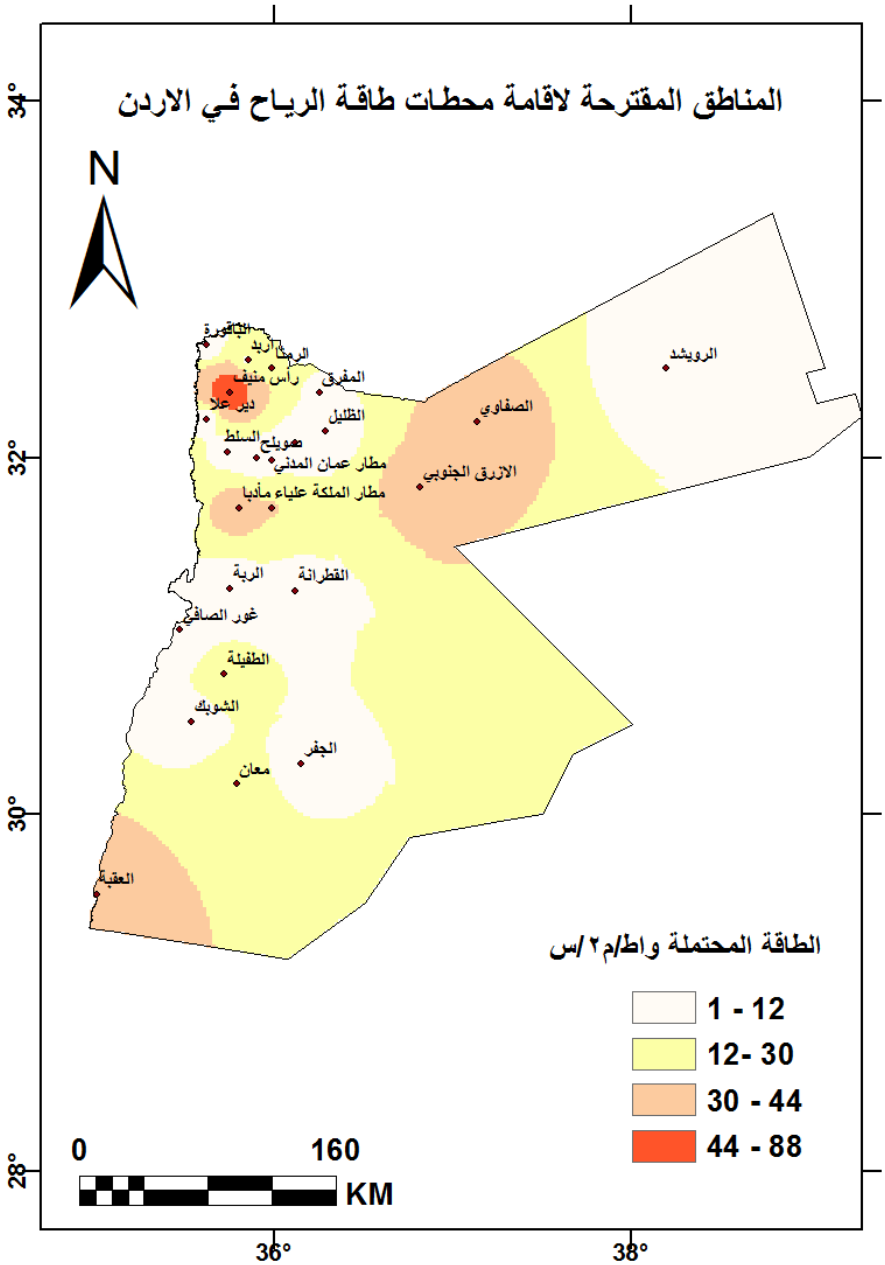
بناء على تصنيف المحطات المناخية التي شملتها الدراسة إلى خمس مجموعات من حيث كثافة الطاقة المحتملة، يمكن اقتراح عدد منها من المناطق لإقامة محطات طاقة الرياح (شكل،22) لأنها ستكون ملائمة أكثر من غيرها لإقامة تلك المحطات، وذلك على النحو الاتي:

1- رأس منيف حيث بلغ متوسط الطاقة السنوية المحتملة لها نحو (88.1 واط/م^2/س).

2- العقبة التي بلغ متوسط الطاقة السنوية المحتملة لها نحو (41.4 واط/م^2/س).

3- الصفاوي، الأزرق الجنوبي، ومأدبا وتمثل المناطق التي تراوحت كثافة الطاقة المحتملة فيها بين (32.6-35.2 واط/م^2/س).

4- أما فيما يتعلق بالطفيلة ومطار الملكة علياء الدولي فقد كان متوسطات كثافة الطاقة السنوية المحتملة لها متواضعة إذ تراوحت بين (21.6-22.3 واط/م^2/س).



الشكل (22): المناطق المقترحة لإقامة محطات طاقة الرياح في الأردن.

المصدر: إعداد الباحث

Jerash for Research and Studies Journal ???? ??? ?????? ?????????, Vol. 20 [2021], Iss. 1, Art. 9

ملخص النتائج:

- إن الاتجاه السائد للرياح في الاردن هو الاتجاه الغربي الذي يظهر بوضوح في فصلي الربيع والخريف حيث تراوحت درجات اتجاهها بين (260-265°) في الخريف وبين(280-285°) في الربيع، إلا أنها تهب من الشمال الغربي في الصيف، ومن الجنوب الغربي في الشتاء.
- تراوح متوسط السرعة السنوية للرياح في الاردن بين (0.37 م/ث) في غور الصافي، و(5.2 م/ث) في رأس منيف، حيث أمكن تصنيف المحطات إلى ثلاث مجموعات بناء على معدل السرعة.
- فيما يتعلق بالمعدل الفصلي لسرعة الرياح في محطات الدراسة احتل فصل الربيع المرتبة الأولى حيث بلغ المعدل (2.83 م/ث)، يليه فصل الصيف بفارق ضئيل اذ بلغ المعدل (2.77 م/ث)، وبلغ المعدل في فصلي الشتاء والخريف (2.48 م/ث) و(2.08 م/ث) على التوالي.
- بالنسبة لكثافة الطاقة المحتملة فقد بلغت أعلاها في رأس منيف (88.1 واط/م^2/س)، ثم تلتها العقبة حيث قدرت كثافة الطاقة المحتملة فيها بنحو (41.4 واط/م^2/س).
- بلغت الطاقة المحتملة لكل من مأدبا، الأزرق الجنوبي، والصفاوي (35.2، 33.7، 32.6 واط/م^2/س). كما بلغت (22.3 واط/م^2/س) في مطار عمان المدني، و(21.6 واط/م^2/س) في الطفيلة، بينما بقية المحطات كانت الطاقة المحتملة فيها اقل من (20 واط/م^2/س).
- احتل فصل الربيع المرتبة الأولى من حيث معدل الطاقة المحتملة حيث بلغت (14.7واط/م^2/س)، كانت أعلى قيمها في شهري آذار ونيسان، (15.3، 15.1 واط/م^2/س) على التوالي. وجاء في المرتبة الثانية فصل الصيف حيث بلغ معدل الطاقة المحتملة (13.8 واط/م^2/س)، حيث بلغت نحو (15 واط/م^2/س) في شهري حزيران وتموز.

التوصيات:

بناء على نتائج الدراسة، فقد أمكن التوصل الى النتائج التالية-

- استكمال مسح المناطق في الاردن التي تم اقتراحها كمناطق ملائمة لإقامة محطات توليد الطاقة الكهربائية من الرياح، وذلك بتطبيق عدد من المعايير (كمورفولوجية السطح، الانحدار، اتجاه الانحدار، المجاري المائية، العمران، استعمال الأرض، مدى القرب من خطوط الكهرباء ذات التوتر العالي) ومقارنتها من حيث أوزانها النسبية، اعتمادا على تحليل مرئيات الاستشعار عن بعد.

https://digitalcommons.aaru.edu.jo/jpu/vol20/iss1/9 26

- دراسة سرعة واتجاه الرياح للمناطق المنوي إقامة محطات لتوليد الطاقة الكهربائية فيها من الرياح، مع التركيز على البيانات الساعية واليومية لأنها ستعطي تفصيلا أكثر حول خصائص المنطقة المعنية وإمكاناتها من الطاقة.

المراجع العربية:

حمادة، ايميلي، 2008، طاقة الرياح في مصر "دراسة في المناخ التطبيقي"، **المجلة الجغرافية العربية**، الجمعية الجغرافية المصرية، العدد 52، الجزء 2.

الخياط، محمد، 2009، تطبيقات طاقة الرياح، **مجلة الكهرباء العربية**، العدد 95.

دائرة الأرصاد الجوية الأردنية، **السلاسل الزمنية للمعدلات الشهرية لبعض عناصر الطقس في الاردن**، 2000، عمان، الاردن.

دائرة الأرصاد الجوية، **النشرات السنوية للمعلومات المناخية في الاردن للسنوات 2000-2015**، عمان، الاردن.

الراوي، عادل والسامرائي، قصي، 1990، **المناخ التطبيقي**، المكتبة الوطنية، بغداد، العراق.

شحادة، نعمان، 1990، **مناخ الأردن**، دار الصفاء، عمان، الاردن.

غانم، علي، 2010، **المناخ التطبيقي**، دار المسيرة، عمان، الاردن.

المركز الإقليمي للطاقة المتجددة وكفاءة الطاقة (RCREEE)، 2012، **رياح التغيير في أنظمة الطاقة العالمية والعربية**، الكهرباء من الرياح، كتيبات تبسيط المعلومات التقنية، القاهرة، مصر.

النوري، سولاف والساكني، عبير، 2014، إمكانية سرع الرياح في العراق ودورها في إنتاج الطاقة الكهربائية، **مجلة كلية التربية الأساسية للعلوم التربوية والإنسانية**، جامعة بابل، العدد: 18.

وزارة الطاقة والثروة المعدنية الأردنية، **التقرير السنوي**، 2016، عمان، الأردن.

المراجع الأجنبية:

Ababneh Mohammad, Wisam Kakish, Omar Abu Mohareb, and Issa Etier, 2009, Investigation of Wind Energy in jordan, *International Conference and Exhibition on Green Energy & Sustainability for Arid Regions & Mediterranean Countries* (ICEGES 2009 Amman, Jordan June, 15-17 2009

Burton T., Sharpe D., Jenkins N., Bossanyi E., 2001, *Wind Energy Hand Book*, England.

Eaglman.Joe R., 1985, *Meteorology, The Atmosphere In Action*, 2nd Edition, Wadsworth Publishing Company, California, USA.

Halasa, Ghassan, 2010, Wind-Solar Hybrid Electrical Power Generation in Jordan, *Jordan Journal of Mechanical and Industrial Engineering*, Volume 4, Number 1, Jan. Pages 205 – 209

Hennessey, J.P., 1977, Some Aspects of Wind Power Statistics, *Journal of Applied Meterology*, Vol.16 No.2.

Justus C. G., Hargraves W.r , Yalcin Ali, 1976, Nationwidw Assessment of Potential Output from Wind-Power Generators, *Journal of Applied Meterology*, Vol.15 No.7.

المواقع الالكترونية:

1. https://www.weather.gov/epz/wxcalc_windconvert
2. http://www.yongtechnology.com/yong-lab/online-rose-diagram/