

سرعة رياح التروبوسفير فى مصر وتغيراتها الرأسية

دراسة فى الجغرافيا المناخية

د. ياسر أحمد السيد السيد

أستاذ الجغرافيا الطبيعية المساعد

بكلية الآداب جامعة دمنهور

سرعة رياح التروبوسفير في مصر وتغيراتها الرأسية

دراسة في الجغرافيا المناخية

د. ياسر أحمد السيد السيد*

الملخص

سرعة الرياح انعكاس غير مباشر للتسخين غير المتكافئ لسطح الأرض ولدوران الكرة الأرضية حول نفسها، حيث أن مكونات الهواء في حالة حركة مستمرة، وتسهم حركته في تحقيق التوازن الحراري، فضلا عن دورها في نقل الرطوبة الجوية والسحب من مكان إلى آخر، ولهذا نرى أن كل من الضغط الجوي والرياح يعملان ضمن منظومة متكافئة يحرك أحدهما الآخر، وترجع الأهمية التطبيقية لدراسة سرعة رياح التروبوسفير في مصر وتغيراتها الرأسية إلى ما يلي:

- بتحريك الهواء تتحرك جزيئاته، والسرعة تعني طاقة يمكن أن يتم أسرها مثلما نستطيع أسر طاقة المياه، وسرعة الرياح قادرة على بذل شغل يعمل على تحويل طاقة الوضع (potential energy) إلى طاقة حركة (kinetik energy) ويمكن تحويل طاقة الحركة هذه إلى طاقة حرارية أو طاقة كهربائية.

- تحدد سرعة الرياح الحرة العليا واتجاهها لحركة الطيران في المستويات العليا من التروبوسفير والسفلى من الاستراتوسفير، حيث تفضل رياح الدفع أو ما يطلق عليها بالرياح الذيلية طوال الوقت، كما هو الحال في الرياح الجوستروفية الغربية في مصر عند الطيران تجاه الشرق، على العكس من ذلك عند التحليق بعكس تلك الرياح حيث تعمل رياح الصد المعاكسة أو ما يطلق عليها بالرياح

* أستاذ الجغرافيا الطبيعية المساعد بكلية الآداب جامعة دمنهور.

الأمامية على كبح سرعة الطائرة وتزيد كمية فقدتها للوقود، وتستغرق الرحلة وقتاً أطول.

الكلمات الدالة: التروبوسفير، سرعة الرياح، التغيرات الرأسية، مصر.

مقدمة:

سرعة الرياح انعكاس غير مباشر للتسخين غير المتكافئ لسطح الأرض وللدوران التفاضلي للكرة الأرضية حول نفسها، حيث أن مكونات الهواء في حالة حركة مستمرة، وتسهم حركته في تحقيق التوازن الحراري، فضلا عن دورها في نقل الرطوبة الجوية والسحب من مكان إلى آخر، ولهذا نرى أن كل من الضغط الجوي والرياح يعملان ضمن منظومة متكافئة يحرك أحدهما الآخر، وعندما يتحرك الهواء تتحرك جزيئاته، والسرعة تعني طاقة يمكن أن يتم أسرها مثلما نستطيع أسر طاقة المياه، وسرعة الرياح قادرة على بذل شغل يعمل على تحويل طاقة الوضع (potential energy) إلى طاقة حركة (kinetik energy) ويمكن تحويل طاقة الحركة هذه إلى طاقة حرارية أو طاقة كهربائية، من هنا جاءت أهمية دراسة سرعة الرياح في الطبقة الاضطرابية.

كما أن سرعة الرياح الحرة العليا واتجاهها تحدد حركة الطيران في المستويات العليا من التروبوسفير والسفلى من الاستراتوسفير، حيث تفضل رياح الدفع أو ما يطلق عليها بالرياح الذيلية طوال الوقت، كما هو الحال في الرياح الجوستروفية الغربية في مصر عند الطيران تجاه الشرق، على العكس من ذلك عند التحليق بعكس تلك الريح حيث تعمل رياح الصد المعاكسة أو ما يطلق عليها بالرياح الأمامية على كبح سرعة الطائرة وتزيد كمية فقدتها للوقود، وتستغرق الرحلة وقتاً أطول.

أهداف الدراسة:

تهدف هذه الدراسة إلى تحقيق النقاط الآتية:

- تحديد العوامل الجغرافية في مصر المؤثرة في سرعة الرياح السطحية والعلوية بطبقة التروبوسفير كذلك طاقتها الميكانيكية والكهربائية.
- تقدير معدل تغير سرعة الرياح بالارتفاع في طبقة التروبوسفير.
- تحديد سرعة الرياح العليا تبعاً لاتجاهها نظراً لأهميتها التطبيقية في مجال الطيران وعلوم الفضاء.
- تحديد طاقة الرياح الميكانيكية والكهربائية وتغيراتها المكانية والموسمية على امتداد الجمهورية.

منهج الدراسة وأساليبها:

تتخذ الدراسة المنهج الموضوعي منهاجاً أساسياً، ويرتكز على تفهم سرعة الرياح وطاقاتها (الميكانيكية والكهربائية) في مصر وتغيراتها الرأسية، من حيث: العوامل المؤثرة فيهما، وتوزيعهما، وتغيراتها اليومية والموسمية، وبذلك يمكن تجنب إتياع أكثر من منهج للدراسة، بالإضافة إلى استخدام الباحث للأسلوبين الكمي والكارتوجرافي، فمن خلالهما يمكن وصف التباينات المكانية والزمنية لسرعة الرياح وطاقاتها الميكانيكية والكهربائية وإدراك العلاقات التي تربطهما بالعوامل الجغرافية، وهي علاقات على درجة كبيرة من التعقد والتشابك والقابلية للتغير، الأمر الذي يجعل من الصعب إدراكها إلا عن طريق الأساليب الكمية والكارتوجرافية.

هذا وقد حرص الباحث على أن يكون توزيع المحطات المناخية التي اعتمدت عليها الدراسة متناسقاً متماثلاً في جميع أنحاء مصر بقدر الإمكان (ملحق ١) حتى تمثل بياناتها خصائص سرعة الرياح السطحية تمثيلاً صحيحاً، لذلك قام الباحث بحساب درجة الانتشار الموضعي للمراصد المختارة مسبقاً حول المركز الوسيط، لمعرفة هل تميل هذه المراصد إلى التركيز حول المركز

الوسيط، أم تميل إلى الانتشار والتشتت بعيداً عنه، أم أن توزيعها متناسقاً متماثلاً، وقد تبين له أن توزيع المرصد المختارة يقترب جداً من التوزيع المتناسق، فقد بلغ دليل الانتشار الموضوعي^(١) ٠.١٨، وعليه فإن هذه المرصد يمكن أن تمثل سرعة الرياح في الجمهورية تمثيلاً صحيحاً .

الدراسات السابقة:

تناولت دراسات قليلة سرعة الرياح السطحية في مصر متتبعه توزيعها المكاني والفصلي، ومنها رسالة الماجستير التي تقدم بها أحمد عبد الحميد الفقى (١٩٩٩م) لكلية الآداب جامعة عين شمس بعنوان الرياح في مصر - دراسة في الجغرافيا المناخية، كما نقل الدراسات التي تناولت طاقتها الميكانيكية والكهربائية مثل دراسة إيملى محمد حلمى حمادة (٢٠٠٧م) بعنوان طاقة الرياح في مصر - دراسة في المناخ التطبيقي، وتندر الدراسات التي تناولتها في إطار منهج موضوعي إقليمي متتبعه سرعة الرياح وتبايناتها المكانية والزمنية بطول قطاع التروبوسفير، ومعدل تغيرها بالارتفاع، ومعدلات سرعة الرياح عند مستويات التروبوسفير المختلفة، كذلك حساب طاقتها الميكانيكية عند هذه الارتفاعات، أو في إطار منهج أصولي كدراسة العوامل الجغرافية التي تتحكم فيها وتحددها.

وسوف يتناول الباحث بالدراسة في العرض التالي الموضوعات الآتية:

المبحث الأول: المسار اليومي والموسمي لسرعة الرياح في التروبوسفير

- المسار اليومي لسرعة الرياح

(١) دليل الانتشار المكاني للمرصد يساوى مساحة المستطيل الذي تحدده الربيعات الأربعة مقسوماً على المساحة الكلية لمنطقة التوزيع المكاني (الجمهورية) فإذا كان دليل الانتشار المكاني يقترب من الواحد الصحيح دل ذلك على أن التوزيع هامشي أو متناثر بعيداً عن المركز الوسيط، أما إذا اقترب من ٠.٢٥ دل ذلك على أن التوزيع متناسق أو متماثل، وإذا اقترب من الصفر دل على أن التوزيع متجمع أو مترکز حول المركز الوسيط (أنظر: فتحي عبدالعزيز أبوراضي، ١٩٩١م: ص ٢٥٣).

- التغيرات الموسمية لسرعة الرياح

أولاً - سرعة الرياح بطبقة الاحتكاك الحدية

١- سرعة رياح الطبقة السطحية الاضطرابية (٠-١٠٠ م)

٢- سرعة رياح الطبقة المستقرة (١٠٠-٥٠٠ م)

٣- سرعة رياح طبقة الخلط والطبقة المتبقية (٥٠٠-١٥٠٠ م)

ثانياً - سرعة الرياح بطبقة الهواء الحر

المبحث الثاني: معدل تغير سرعة الرياح بالارتفاع

المبحث الثالث: سرعة الرياح العليا تبعا للاتجاه

المبحث الرابع: الطاقة الميكانيكية للرياح في التروبوسفير

المبحث الأول: المسار اليومي والموسمي لسرعة الرياح في

التروبوسفير:

الرياح؛ كمية موجهة لها مقدار (سرعة واتجاه) ونتيجة لتضرس سطح الأرض والعوائق الأخرى فإن حركة الرياح في الجزء الأدنى من طبقة التروبوسفير ليست انسيابية تماماً، بينما يغلب عليها الشكل الانسيابي خارج الطبقة الحدية المتأثرة بالاحتكاك، وفي العرض التالي دراسة لتغيرات سرعة الرياح اليومية والموسمية بطبقة التروبوسفير في جمهورية مصر العربية.

المسار اليومي لسرعة الرياح :

يمتاز المسار اليومي للرياح السطحية في الجمهورية وبصفة خاصة في الأيام الهادئة التي تخلو من تأثير الكتل الهوائية والمنخفضات الجوية بنمط معين يختلف تماما عن المسار اليومي للرياح العليا في طبقة التروبوسفير، إذ تتميز الرياح السطحية خلال الليل بكونها هادئة متقلبة الاتجاه نتيجة انخفاض درجات الحرارة، حيث يعمل انخفاض الحرارة على ارتفاع الضغط الجوي السطحي ومن ثم تزايد فترات سكون الهواء، وتقل سرعة الرياح بصفة عامة من

وقت الغروب وخلال ساعات الليل لتصل إلى أدنى سرعتها قبل الشروق (إيملى حمادة، ٢٠٠٧م : ص ١٠٢) وتتركز أدنى قيم لسرعة الرياح السطحية على ارتفاع ٢م من السطح فيما بين الساعة ٢١ مساءً والساعة ٤ صباحاً بمتوسط ٢.٨ م / ث، تزداد بعد شروق الشمس إلى أن تبلغ أقصى حد لها بعد الظهر بنحو ساعتين (شكل ١) نظراً لارتفاع درجات الحرارة وانخفاض الضغط الجوي، حيث تسجل أعلى قيمها فيما بين الساعة ١١ والساعة ١٦ بتوقيت محلي، ويصل متوسطها خلال هذه الفترة إلى ٥.٥ م/ث، ثم تبدأ السرعة في التناقص بعد ذلك، إلى أن تبلغ أدنى حد لها خلال فترة المساء وبداية صباح اليوم التالي، واتجاهها أكثر انتظاماً وأقل تقلباً في النهار منه في الليل.

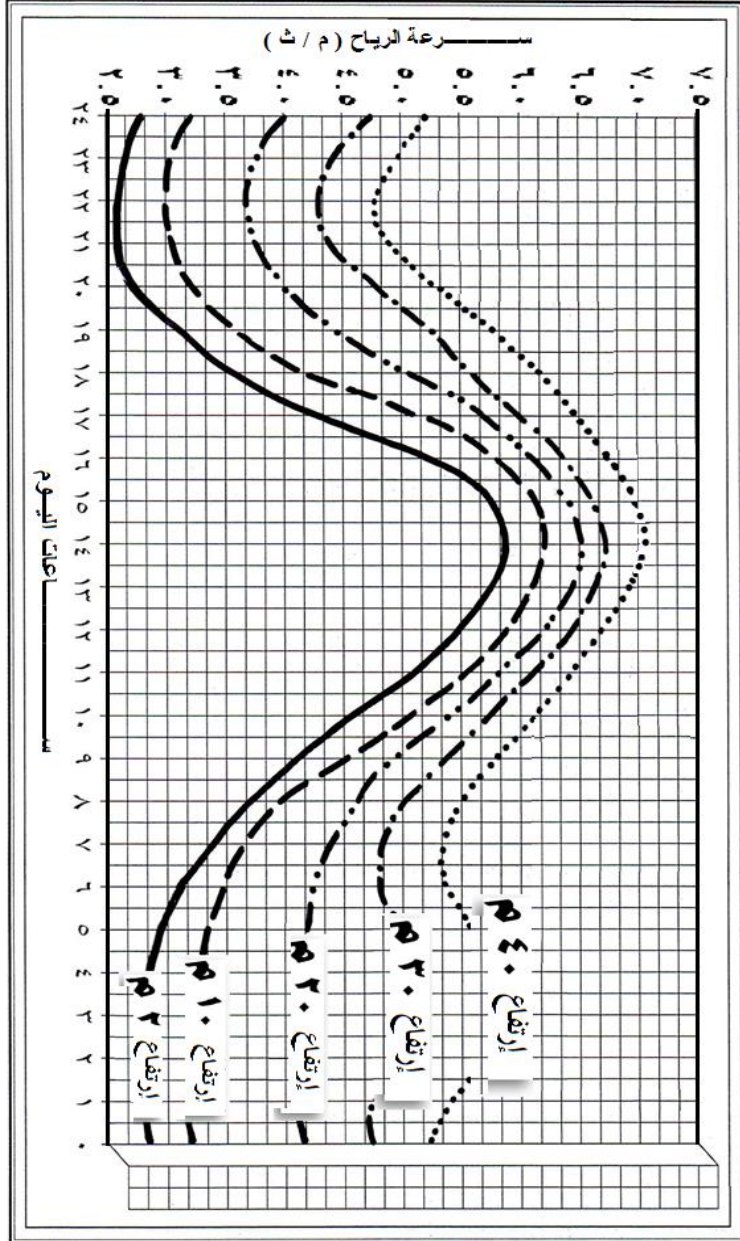
وتزداد سرعة الرياح السطحية اليومية بالارتفاع عن السطح، حيث يصل متوسطها على ارتفاع ٢م إلى ٣.٦ م/ث، تزداد على ارتفاع ١٠م إلى ٤.١ م/ث، وعلى ارتفاع ٢٠م إلى ٤.٨ م/ث، وتصل على ارتفاع ٣٠م إلى ٥.٣ م/ث، وتزداد أكثر حتى تصل على ارتفاع ٤٠م من السطح إلى ٥.٨ م/ث، ويرتفع معامل الاختلاف بين سرعة الرياح السطحية خلال ساعات اليوم بالقرب من السطح ويقل بالابتعاد عنه، حيث يصل على ارتفاع ٢م إلى ٣٣.٣%، يقل على ارتفاع ١٠م إلى ٢٦.٨%، وعلى ارتفاع ٢٠م إلى ١٨.٨%، وعلى ارتفاع ٣٠م إلى ١٥.١%، حتى يصل على ارتفاع ٤٠م من السطح إلى ١٢.١% فقط، أي أن التباين في سرعة الرياح السطحية بين الليل والنهار يقل بالابتعاد عن السطح الذي تتباين معدلات درجات حرارته تبعاً لتباين المسار اليومي للإشعاع الشمسي.

يختلف المسار اليومي لسرعة الرياح على ارتفاع ١.٥ كم من السطح فوق الطبقة الاضطرابية (أي عند مستوى ضغط جوى ٨٥٠ هكتوباسكال) عن مسار الرياح السطحية، فسرعة الرياح فيها وأن كانت أقوى من سرعة الرياح في الطبقة الاضطرابية إلا أنها خلال فترة النهار أضعف وتصبح متقلبة الاتجاه

سرعة رياح التروبوسفير في مصر وتغيراتها الرأسية د.ياسر أحمد السيد السيد

مقارنة بفترة الليل، حيث يصل متوسط سرعة الرياح عند مستوى ضغط جوى ٨٥٠ هكتوباسكال ساعة ١٢٠٠ (بتوقيت محلى) في مرسى مطروح إلى ٨٠٠م/ث، وفي حلوان ٦٠٩م/ث، وفي أسوان ٥٠٤م/ث، ويرجع ذلك الى ارتفاع درجات الحرارة خلال النهار، مما يجعل الهواء القريب من السطح خفيفا يندفع إلى أعلي ليحل محله هواء أقل حرارة قادم من الطبقات الجوية الواقعة فوقه، والهواء الذي يرتفع إلى أعلى ينتقل من مستويات سرعة ضعيفة إلى مستويات سرعة أقوى، ويبقى محافظا على سرعته الأصلية التي اكتسبها من المستوى الذي صعد منه أو تزيد قليلا نتيجة لضعف قوة الاحتكاك بسطح الأرض.

وتزداد سرعة الرياح على ارتفاع ١.٥ كم خلال فترة الليل مقارنة بفترة النهار، حيث يصل متوسطها اليومي ساعة ٢٤ (بتوقيت محلى) في مرسى مطروح إلى ٨٠٤م/ث، وفي حلوان ٧٠٩م/ث، وفي أسوان ٥٠٩م/ث، نظرا لأن درجة حرارة السطح تأخذ في الانخفاض ويصبح الهواء السطحي مستقرا ويتناقص سمك طبقة الهواء المضطرب التي كانت موجودة في النهار، ويضعف تبادل الهواء بين المستويات المختلفة القريبة من السطح، أى تتوقف حركة صعود وهبوط التيارات الهوائية، ويتوقف انتقال قوة الدفع التي كانت سائدة في النهار، وهذا يجعل الرياح السطحية بطيئة بينما الرياح العليا أكثر سرعة وثباتا في اتجاهها.



(شكل ١) المسار اليومي لسرعة الرياح في جمهورية مصر العربية على ارتفاعات ٢، ١٠، ٢٠، ٣٠، ٤٠ م من السطح (م / ث)

سرعة رياح التروبوسفير في مصر وتغيراتها الرأسية د.ياسر أحمد السيد السيد

أما في طبقات الجو الأعلى من ذلك فتكون سرعة الرياح شديدة جدا خلال الليل والنهار، وتكاد تتساوى سرعة الرياح فيهما نظرا لتحررها من قوة الاحتكاك، ومن سيطرة نظم الضغوط الجوية السطحية التي تحددتها الفروق الإقليمية في درجات الحرارة، حيث تصل معدلات سرعة الرياح على ارتفاع ٣.١ كم تقريبا (أي عند مستوى ضغط جوى ٧٠٠ هكتوباسكال) ساعة ١٢٠٠ (بتوقيت محلى) في مرسى مطروح إلى ١٠.٦ م/ث، وفى حلوان ١٠.٢ م/ث، وفى أسوان ٨.٥ م/ث، في حين تصل ساعة ٢٤ (بتوقيت محلى) في مرسى مطروح إلى ١٠.٧ م/ث، وفى حلوان ١٠.٤ م/ث، وفى أسوان ٨.٤ م/ث، كما تصل على ارتفاع ١٢.٢ كم تقريبا (أي عند مستوى ضغط جوى ٢٠٠ هكتوباسكال) ساعة ١٢٠٠ في مرسى مطروح إلى ٣٠.٤ م/ث، وفى حلوان ٣٠.١ م/ث، وفى أسوان ٣٠.٣ م/ث، في حين تصل ساعة ٢٤ (بتوقيت محلى) في مرسى مطروح إلى ٢٩.٣ م/ث، وفى حلوان ٣٠.٤ م/ث، وفى أسوان ٣٠.٣ م/ث.

التغيرات الموسمية لسرعة الرياح:

تحدد عدة عوامل جغرافية التوزيع العام لسرعة الرياح المؤثرة على مختلف مناطق مصر ومن أهمها خصائص الدورة العامة للرياح، والارتفاع في طبقة التروبوسفير، وتتصف مصر عموما بسرعة منخفضة للرياح السطحية على مدار السنة، نظرا لوقوعها في نمط المناخ شبه المدارى الواقع تحت تأثير منظومة الضغط المرتفع شتاء، والضغط الجوى المنخفض الحولى صيفا، وهاتان المنظومتان لا تساعدان على هبوب رياح نشطة أو قوية عادة باستثناء الحالات الجوية التي تحدث فيها اضطرابات جوية، وبالأخص المنخفضات الجوية الأطلسية والمنخفضات التي تنشأ وتتطور فوق مياه البحر المتوسط التي تؤثر في مصر خلال فترة الشتاء والربيع وأواخر الخريف، إضافة إلى

المنخفضات الخماسينية الربيعية التي تصاحبها رياح عالية السرعة، وتقسّم طبقة التروبوسفير وفقاً لطبيعة الحركات الهوائية الجارية خلالها إلى طبقتين رئيسيتين هما طبقة الاحتكاك الحدية وطبقة الهواء الحر.

أولاً: سرعة رياح طبقة الاحتكاك الحدية (PBL):

تتميز طبقة الغلاف الجوي الحدية (Atmosphere boundary layer) وتعرف أيضاً بالطبقة الكوكبية الحدية (Planetary boundary layer) بأن سمكها في جمهورية مصر العربية غير ثابت، وتتأثر بدرجة حرارة السطح وسرعة الرياح وحركات المزج الهوائية الاضطرابية الحرارية، ويتحدد ارتفاعها دائماً بالمستوى الذي تظهر عنده الرياح الأفقية السريعة غير المتأثرة بالاحتكاك بسطح الأرض المعروفة بالرياح الحرة، ويمكن تقسيم الطبقة الحدية إلى ثلاث طبقات ثانوية هي الطبقة السطحية الاضطرابية، والطبقة المستقرة، وطبقة الخلط والطبقة المتبقية (Stull, R., 2005: p383).

١- سرعة رياح الطبقة السطحية الاضطرابية:

الطبقة السطحية الاضطرابية (Turbulent surface layer) تعرف بطبقة الاحتكاك (Friction layer) أو بالطبقة الأرضية (Ground layer) لأنها تشكل الجزء السفلي من الطبقة الحدية الملامس لسطح الأرض، ويزيد سمكها في النهار ويقل في الليل عندما تكون الطبقة الحدية بجملتها منكمشة، إلا أن متوسط ارتفاعها هو ١٠٠ متر من سطح مصر، وتسود خلالها تيارات الحمل الصاعدة، وتزداد سرعة الرياح فيها تدريجياً بالابتعاد عن سطح الأرض، وتظهر قاعدتها كطبقة رقيقة جداً من الهواء الساكن لا يتعدى سمكها عدة ملليمترات، حيث تتكون شبه طبقة ملتصقة بسطح الأرض بالقوة الجزيئية تعرف بشبه الطبقة القشرية (Laminar boundary layer) وبالرغم من ضآلتها فإنها تشكل حيزاً عازلاً حرارياً مهماً بين سطح الأراضي المصرية والطبقة

سرعة رياح التروبوسفير في مصر وتغيراتها الرأسية د.ياسر أحمد السيد السيد
الهوائية السطحية الاضطرابية، تعلوها طبقة أخرى حتى ارتفاع ٥٠ متر تعرف
بالطبقة الخشنة (Roughness layer) .

وبالنظر إلى الجدول (١) ننتبين عدة حقائق عن سرعة الرياح بالطبقة
السطحية الاضطرابية هي:

- تتميز معدلات سرعة الرياح في مصر على ارتفاع ٢متر من السطح بأن
تغيراتها المكانية والزمنية ليست كبيرة، كما تتسم بالهدوء، إذ يصل معدلها
السنوي إلى ٣.٦م/ث، وتسجل أعلى معدلات لسرعة الرياح السطحية على
السواحل الشرقية لجمهورية مصر العربية ممتدة من السويس حتى رأس بناس
مرورا بالغردقة التي يبلغ فيها المعدل السنوي لسرعة الرياح ٦.٣م/ث، ويرجع
ذلك إلى زيادة تحدر الضغط الجوي نحو مركز منخفض الهند الموسمي في
الربيع والخريف ونحو مركز المنخفض الجوي الموسمي الموسع في الصيف،
وتأتى في المرتبة الثانية منطقة ساحل شمال غرب مصر من السلوم حتى
الإسكندرية مرورا بمرسى مطروح والتي يصل فيها المعدل السنوي لسرعة الرياح
السطحية ٥.٣م/ث، حيث تتأثر هذه المنطقة بجبهات المنخفضات الأطلسية
العابرة للبحر المتوسط أو التي تنشأ وتتطور فوق مياهه، كما تتأثر برياح
المنخفضات الجوية الخماسينية الربيعية.

- تقل معدلات سرعة الرياح في فصل الشتاء عن معدلها السنوي حيث تصل
خلال شهر يناير إلى ٣.٢م/ث، تصل في الإسكندرية إلى ٤.٤م/ث، وفي
القاهرة ٤.٠ ، وفي أسوان ٤.١ ، بسبب ارتفاع الضغط الجوي السطحي وزيادة
حالات سكون الهواء الناتج عن انخفاض درجات الحرارة، رغم ذلك تسجل
في هذا الفصل معدلات مرتفعة لسرعة الرياح السطحية على السواحل الشمالية
الغربية ، حيث تصل في مرسى مطروح إلى ٦.١م/ث، وفي سيدى
برانى ٥.٦م/ث، ويرجع ذلك إلى أن رياحا قوية جنوبية شرقية وجنوبية

سرعة رياح الترويسفير في مصر وتغيراتها الرأسية د.ياسر أحمد السيد السيد

وجنوبية غربية وشمالية غربية تهب عليها أثناء تأثرها بالمنخفضات الجوية العرضية بمعدل يتراوح بين ٣-٥ منخفضات جوية كل شهر (عبد العزيز عبد اللطيف يوسف، ١٩٩٨، ص ٢١٣) فتصل سرعة الرياح خلالها في بعض الأحيان إلى ١٧م/ث.

- ترتفع معدلات سرعة الرياح في فصل الربيع إلى أقصى قيمها، حيث تصل خلال شهر أبريل إلى ٤.٠م/ث، وتصل في الإسكندرية إلى ٤.٣، وفي القاهرة ٤.٥، وفي اسوان ٤.٨، نتيجة لذهاب معظم طاقة الإشعاع الشمسي إلى تسخين الهواء ومن ثم قلة وزنه وضغطه، مما يزيد من سرعة الرياح السطحية، كذلك لاستمرار عبور المنخفضات الجوية العرضية للبحر المتوسط ولظهور المنخفضات الخماسينية العميقة نظرا لزيادة الفرق بين التيار الشمالي البارد والتيار الجنوبي الحار، إذ تبلغ نسبة المنخفضات الربيعية ٣٦.٤% (أحمد الفقى، ١٩٩٩م: ص ٤٣) إضافة إلى نزوح منخفض السودان الموسمي وتمركزه على شمال شرق السودان في هذا الفصل.

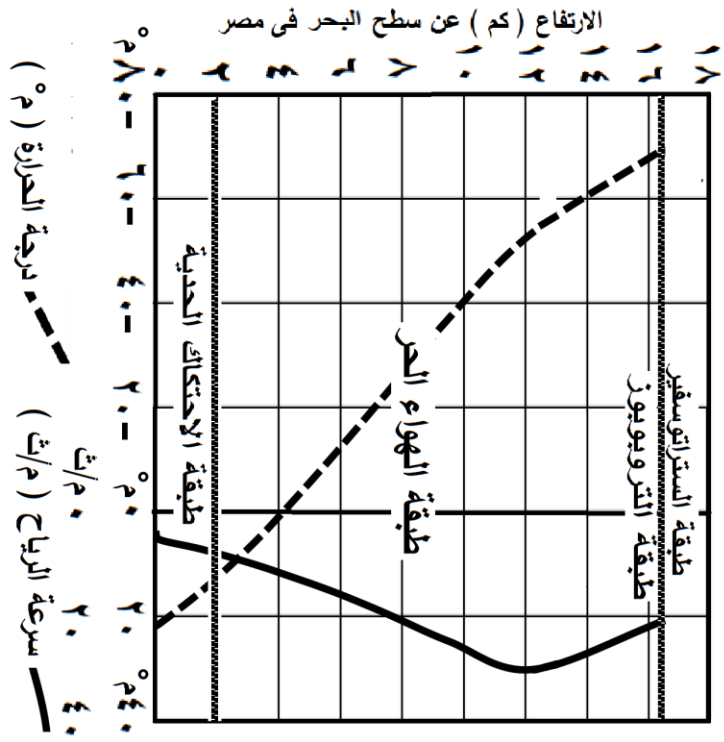
- تزداد معدلات سرعة الرياح في مصر خلال فصل الصيف، حيث يصل معدلها في شهر يولييه إلى ٣.٦م/ث، ويرجع ذلك الى ارتفاع درجات الحرارة ومن ثم انخفاض الضغط الجوي وقلة حالات سكون الهواء، حيث تصل في الإسكندرية إلى ٤.٤، وفي القاهرة ٣.٤، وفي اسوان ٤.٢، كما يرجع ذلك الى قوة المنخفض الجوي الحراري الموسمي الموسع في أوائل فصل الصيف وسيادة رياح الشمال النشطة، وامتداد المرتفع الجوي المتمركز شمالي الأطلسي في اتجاه الجنوب الشرقي نحو شرق البحر المتوسط، وهو يشارك مشاركة فعالة في تقوية الرياح الشمالية الغربية السائدة، مما يؤدي إلى ارتفاع معدلات سرعات الرياح السطحية في شهري يونيه ويولييه، في حين تبدى الرياح هدها ملحوظا في شهري أغسطس وسبتمبر، وتخضع كثيرا للمؤثرات المحلية كالتفاوت

التدرجي بين درجة حرارة سطح الأرض ومياه البحر المتوسط المجاورة، مما يؤدي إلى نمو ظاهرة نسيم البر والبحر .

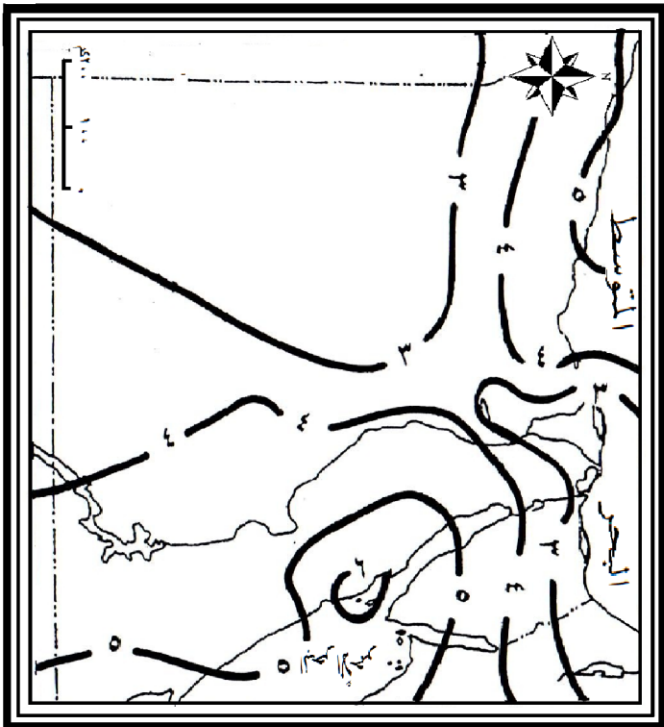
- نقل معدلات سرعة الرياح في فصل الخريف عن الفصل السابق له، حيث يصل معدلها خلال شهر أكتوبر إلى ٣.٢ م/ث، وتصل في الإسكندرية إلى ٣.١ م/ث، وفي القاهرة ٣.٧، وفي أسوان ٤.٢، أي تكون الرياح في هذا الفصل ضعيفة تنشط على فترات متباعدة جدا، ويرجع ذلك إلى أن نظم الضغوط الجوية المؤثرة لا تكون قد اكتملت في هذا الفصل، وتكون انحداراتها نحو مراكزها بطيئة فلا تساعد على هبوب رياح قوية إلا عندما تتعرض مصر لأحد المنخفضات الجوية البحرية أو الصحراوية (إيملى حمادة، ٢٠٠٧ : ص ١٠٠) عندئذ تظهر العواصف الهوجاء التي تصل سرعة الرياح خلالها إلى ١١ م/ث أو أشد، مصحوبة بهبات تصل سرعة الرياح فيها إلى ٢٢ م/ث .

سرعة رياح التروبوسفير في مصر وتغيراتها الرأسية

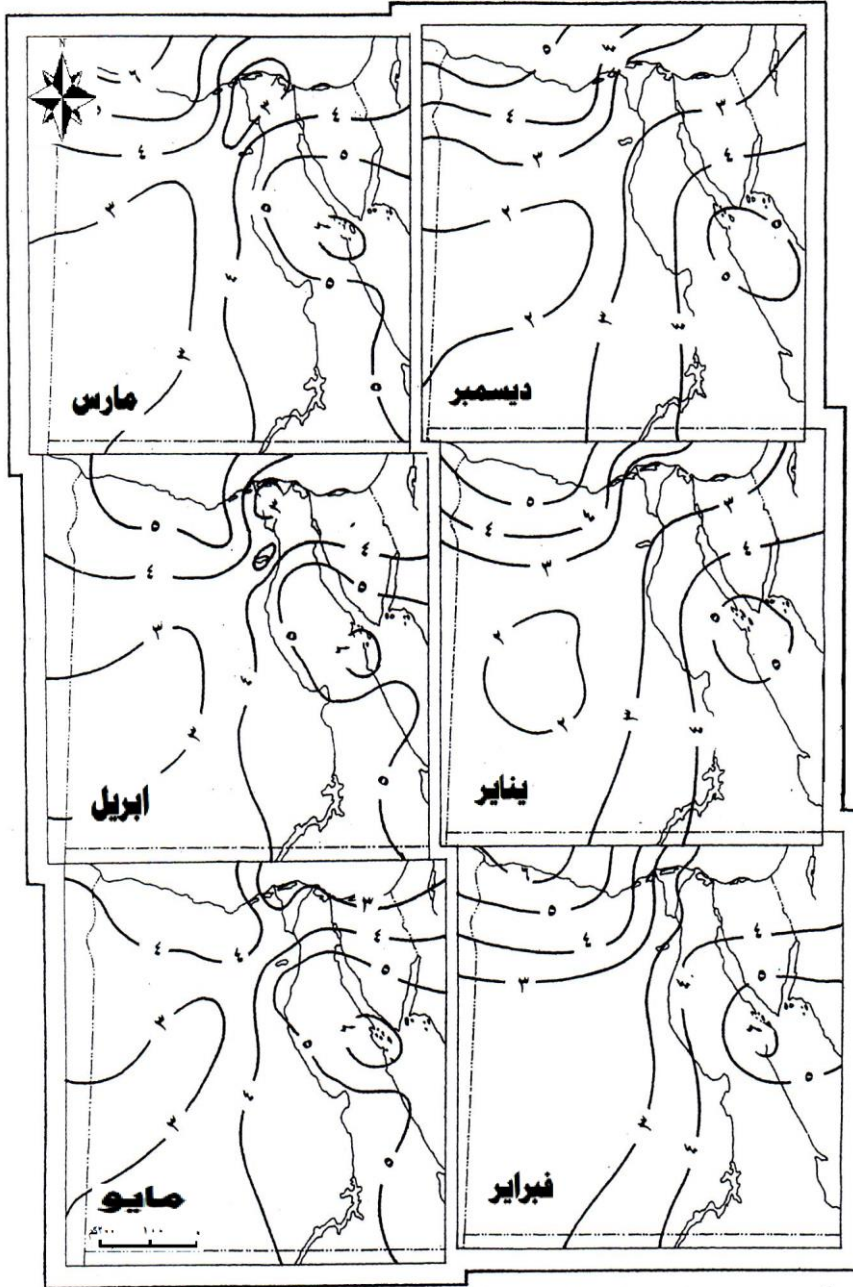
د. ياسر أحمد السيد السيد



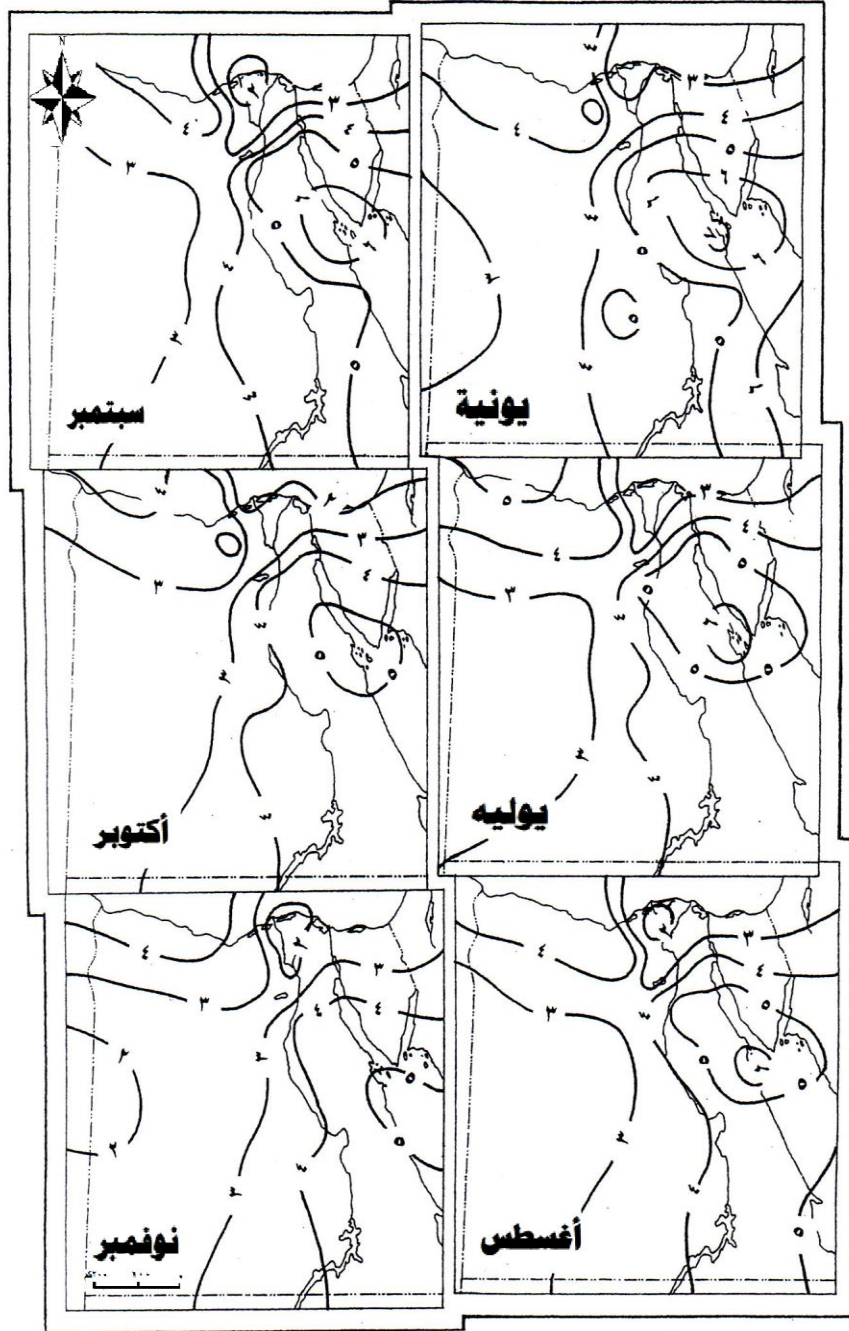
(شكل ٣) تغير معدلات سرعة الرياح ودرجات الحرارة في طبقة التروبوسفير بمصر من اعداد الباحث، اعتمادا على بيانات هيئة الارصاد المصرية، (باسر السيد، ٢٠١٤: ٢٠١)



(شكل ٤) خطوط تساوي المعدلات السنوية لسرعة الرياح السطحية في جمهورية مصر العربية (٥ / م) من اعداد الباحث ، اعتمادا على بيانات الجيومل (١) المصري



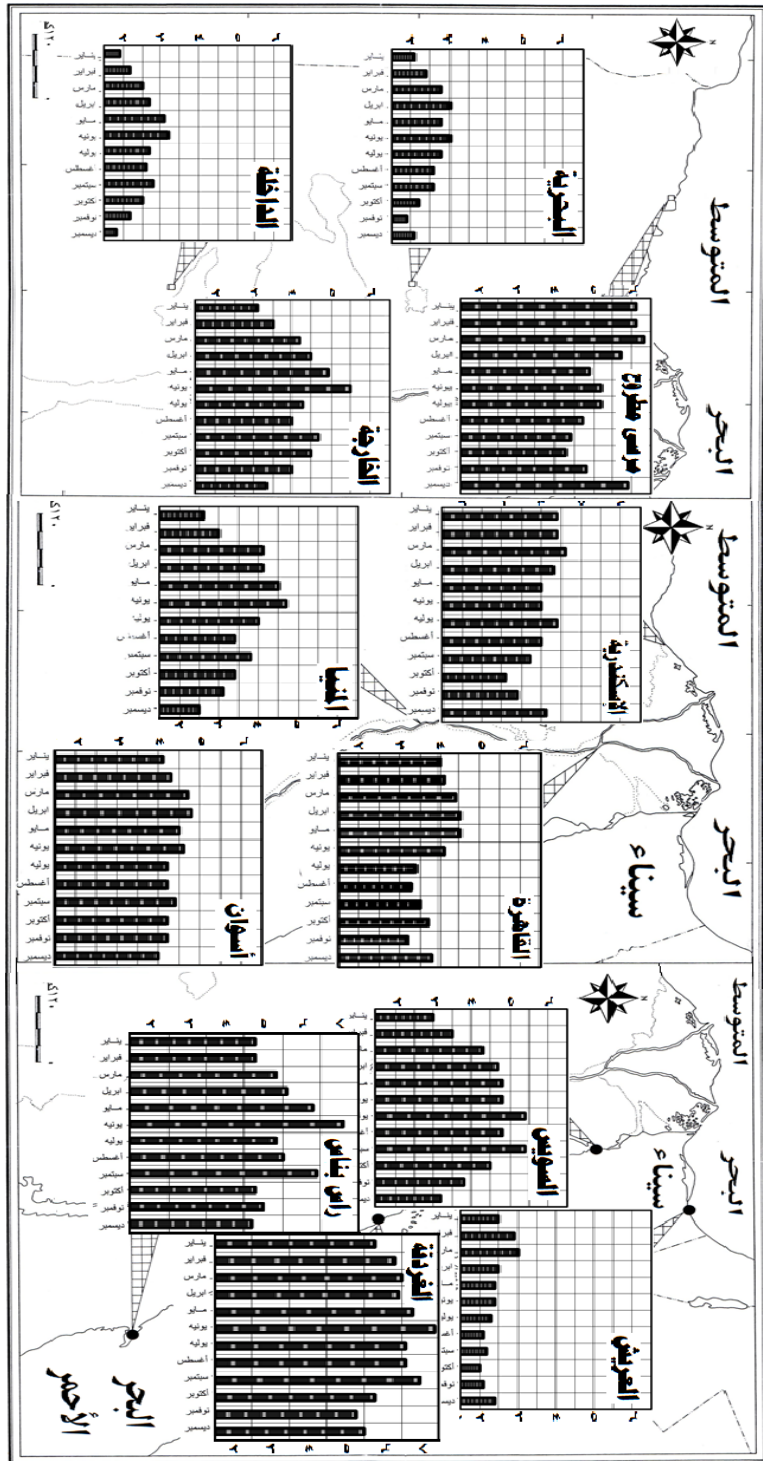
المصدر : من إعداد الباحث اعتمادا على بيانات الجدول رقم ١
 (شكل ٤) معدلات سرعة الرياح السطحية (م / ث)
 في جمهورية مصر العربية خلال شهور الشتاء والربيع



المصدر : من إعداد الباحث اعتمادا على بيانات الجدول رقم ١
(شكل ٥) معدلات سرعة الرياح السطحية (م / ث)
في جمهورية مصر العربية خلال شهور الصيف والخريف

(شكل ٦) معدلات سرعة الرياح السطحية ببعض المحطات المناخية في مصر (م/ث)

المصدر : من اعداد الباحث ، اعتمادا على بيانات الجول (١)



٢ - سرعة رياح الطبقة المستقرة:

تقع الطبقة المستقرة (Stable layer) فوق الطبقة السطحية المضطربة وتظهر هذه الطبقة خلال فترة الليل لذلك تسمى الطبقة الليلية (nocturnal boundary layer) وارتفاع سطحها العلوي لا يتعدى ٥٠٠ متر من سطح مصر، نظرا لاستقرارها وعدم وجود تيارات الحمل الصاعدة، ومع هذا تتميز برياح خفيفة السرعة واضطرابات هوائية ضعيفة ومتفرقة (Holtslag , B ., 2013.pp 1-30).

ويتتبع بيانات الجدول (٢) الذي يوضح معدلات سرعة الرياح الشهرية عند مستويات مختلفة من الضغوط الجوية نجد أن فعل عملية الاحتكاك بسطح الأراضي المصرية يقلل من سرعة الرياح في الطبقة المستقرة من التروبوسفير، والتي هي جزء من طبقة الاحتكاك الحدية التي تخضع حركة رياحها لثلاثة قوى رئيسية هي؛ تحدر الضغط الجوي، وقوة كوريولى (coriolis force) وقوة الاحتكاك، لذلك ينخفض معدلها السنوي عند مستوى ضغط جوى ١٠٠٠ هكتوباسكال، حيث يصل إلى ٥.٢ م/ث فقط، ويصل في مرسى مطروح إلى ٦.٩ م/ث، وفي حلوان ٥.٩ م/ث، وفي أسوان ٢.٨ م/ث، ولا يقتصر تأثير عامل الاحتكاك على تقليل سرعة الرياح في الطبقة المستقرة بمصر بل يعمل أيضا على قلة الانحرافات الناتجة عن قوة كوريولى، ويدفعها إلى قطع خطوط الضغط الجوى المتساوي بزوايا كبيرة.

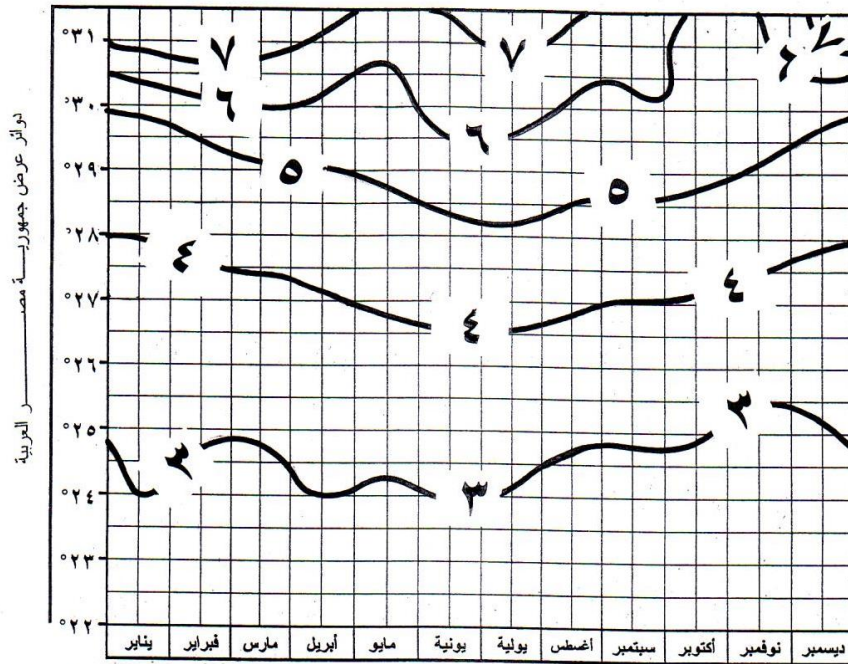
جدول (٢) معدلات سرعة الرياح عند مستويات الضغوط الجوية في مطروح - حلوان - أسوان (م / ث)

المحطة	المستوى	يناير	فبراير	مارس	أبريل	مايو	يونيو	يوليو	أغسطس	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر	متوسط
مصرى مطروح	١٠٠٠٠	٧,٧	٨,٠	٧,٧	٧,١	٧,٢	٦,٨	٧,٤	٦,٨	٦,٢	٥,٩	٥,٩	٧,٥	٦,٩
	٨٥٠	٨,٧	٩,٣	٩,٥	٩,٠	٨,٧	٨,٧	٨,٧	٨,٧	٧,٢	٦,٧	٦,٤	٨,٢	٨,٢
	٧٠٠	١١,٦	١٣,١	١٣,٦	١٣,٩	١١,٩	١١,٩	١١,٩	١١,٩	٨,٠	٨,٠	٨,٠	٨,٧	١٢,٤
	٦٠٠	١٥,٥	١٧,٠	١٧,٧	١٧,٨	١٤,٢	١٢,٦	١٢,٦	١١,٦	٨,٧	٨,٨	١١,٩	١١,٩	١٦,٢
	٥٠٠	٢٠,٣	٢١,٩	٢٢,١	٢١,٧	١٦,٥	١٦,٥	١٦,٥	١١,٦	٩,٨	٩,٨	١٤,٧	١٤,٧	٢٠,٨
	٤٠٠	٢٦,٢	٢٦,٨	٢٧,٨	٢٧,٨	١٩,٥	١٩,٥	١١,٩	١١,٩	١١,٩	١٠,٢	١٠,٢	١٠,٢	٢٥,٥
	٣٠٠	٣٣,٣	٣٢,٧	٣٢,٧	٣٢,٤	٢٢,١	٢٢,١	١٥,٢	١٥,٢	١٥,٠	١٤,٧	١٤,٧	١٤,٧	٣١,٩
	٢٠٠	٣٧,٥	٣٨,٤	٣٨,٤	٣٨,٤	٢٧,٨	٢٧,٨	١٥,٩	١٥,٩	١٥,٠	١٤,٧	١٤,٧	١٤,٧	٣٧,٣
	١٥٠	٤٠,٣	٤٠,١	٤٠,١	٣٨,٥	٢٨,٥	٢٨,٥	١٤,٤	١٤,٤	١٤,٨	١٤,٨	١٥,٩	١٥,٩	٤٠,١
	١٠٠	٤٥,٢	٤٥,٧	٤٥,٢	٤١,١	٣١,١	٣١,١	١١,٩	١١,٩	١١,٨	١١,٨	١١,٨	١١,٨	٤٦,٣
	٨٥٠	٨,٤	٨,٤	٨,٤	٨,٢	٨,٢	٨,٢	٨,٢	٨,٢	٨,٢	٨,٢	٨,٢	٨,٢	٨,٢
	٧٠٠	١٢,٩	١٣,٩	١٣,٩	١٣,٢	١٣,٢	١٣,٢	١٣,٢	١٣,٢	١٣,٢	١٣,٢	١٣,٢	١٣,٢	١٣,٢
٦٠٠	١٧,٧	١٩,١	١٩,١	١٨,٣	١٦,٢	١٦,٢	١٦,٢	١٦,٢	١٦,٢	١٦,٢	١٦,٢	١٦,٢	١٦,٢	
٥٠٠	٢٣,٧	٢٤,٠	٢٤,٠	٢٢,٩	٢٢,٩	٢٢,٩	٢٢,٩	٢٢,٩	٢٢,٩	٢٢,٩	٢٢,٩	٢٢,٩	٢٢,٩	
٤٠٠	٢٩,٦	٢٩,٠	٢٩,٠	٢٧,٨	٢٤,٣	٢٤,٣	٢٤,٣	٢٤,٣	٢٤,٣	٢٤,٣	٢٤,٣	٢٤,٣	٢٤,٣	
٣٠٠	٣٤,٧	٣٤,١	٣٤,١	٣١,١	٢٧,٧	٢٧,٧	٢٧,٧	٢٧,٧	٢٧,٧	٢٧,٧	٢٧,٧	٢٧,٧	٢٧,٧	
٢٠٠	٤٢,٧	٤٢,٢	٤٢,٢	٣٩,٩	٣١,١	٣١,١	٣١,١	٣١,١	٣١,١	٣١,١	٣١,١	٣١,١	٣١,١	
١٥٠	٤٧,٧	٤٧,٧	٤٧,٧	٤٠,٣	٣٤,٣	٣٤,٣	٣٤,٣	٣٤,٣	٣٤,٣	٣٤,٣	٣٤,٣	٣٤,٣	٣٤,٣	
١٠٠	٥٢,٢	٥٢,٢	٥٢,٢	٤٤,١	٣٦,٤	٣٦,٤	٣٦,٤	٣٦,٤	٣٦,٤	٣٦,٤	٣٦,٤	٣٦,٤	٣٦,٤	
٨٥٠	٨,٥	٨,٥	٨,٥	٨,٥	٨,٥	٨,٥	٨,٥	٨,٥	٨,٥	٨,٥	٨,٥	٨,٥	٨,٥	
٧٠٠	١١,٣	١١,٣	١١,٣	١٠,٤	١٠,٤	١٠,٤	١٠,٤	١٠,٤	١٠,٤	١٠,٤	١٠,٤	١٠,٤	١٠,٤	
٦٠٠	١٦,٥	١٦,٥	١٦,٥	١٥,٥	١٥,٥	١٥,٥	١٥,٥	١٥,٥	١٥,٥	١٥,٥	١٥,٥	١٥,٥	١٥,٥	
٥٠٠	٢٢,٧	٢٢,٧	٢٢,٧	٢١,٠	٢١,٠	٢١,٠	٢١,٠	٢١,٠	٢١,٠	٢١,٠	٢١,٠	٢١,٠	٢١,٠	
٤٠٠	٢٩,٦	٢٩,٦	٢٩,٦	٢٧,٣	٢٧,٣	٢٧,٣	٢٧,٣	٢٧,٣	٢٧,٣	٢٧,٣	٢٧,٣	٢٧,٣	٢٧,٣	
٣٠٠	٣٤,٤	٣٤,٤	٣٤,٤	٣١,٤	٢٧,٧	٢٧,٧	٢٧,٧	٢٧,٧	٢٧,٧	٢٧,٧	٢٧,٧	٢٧,٧	٢٧,٧	
٢٠٠	٤١,١	٤١,١	٤١,١	٣٦,٤	٣١,١	٣١,١	٣١,١	٣١,١	٣١,١	٣١,١	٣١,١	٣١,١	٣١,١	
١٥٠	٤٧,٧	٤٧,٧	٤٧,٧	٣٦,٤	٣١,١	٣١,١	٣١,١	٣١,١	٣١,١	٣١,١	٣١,١	٣١,١	٣١,١	
١٠٠	٥٢,٢	٥٢,٢	٥٢,٢	٤٤,١	٣٦,٤	٣٦,٤	٣٦,٤	٣٦,٤	٣٦,٤	٣٦,٤	٣٦,٤	٣٦,٤	٣٦,٤	

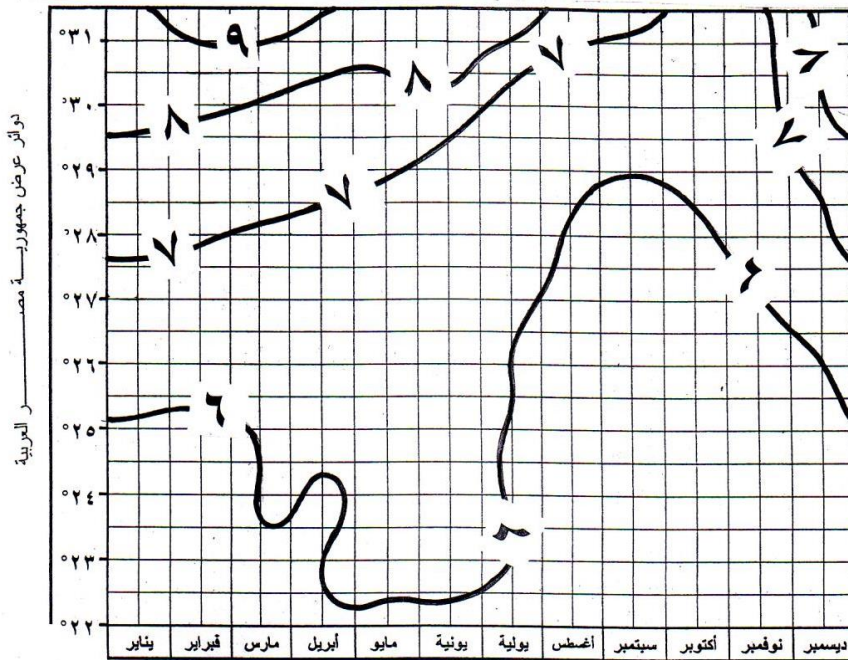
من إعداد الباحث : اعتمادا على بيانات هيئة الأرصاد الجوية المصرية غير المنشورة للفترة بين عامي ١٩٦٥ ، ١٩٦٢ م

سرعة رياح التروبوسفير في مصر وتغيراتها الرأسية

د. ياسر أحمد السيد السيد

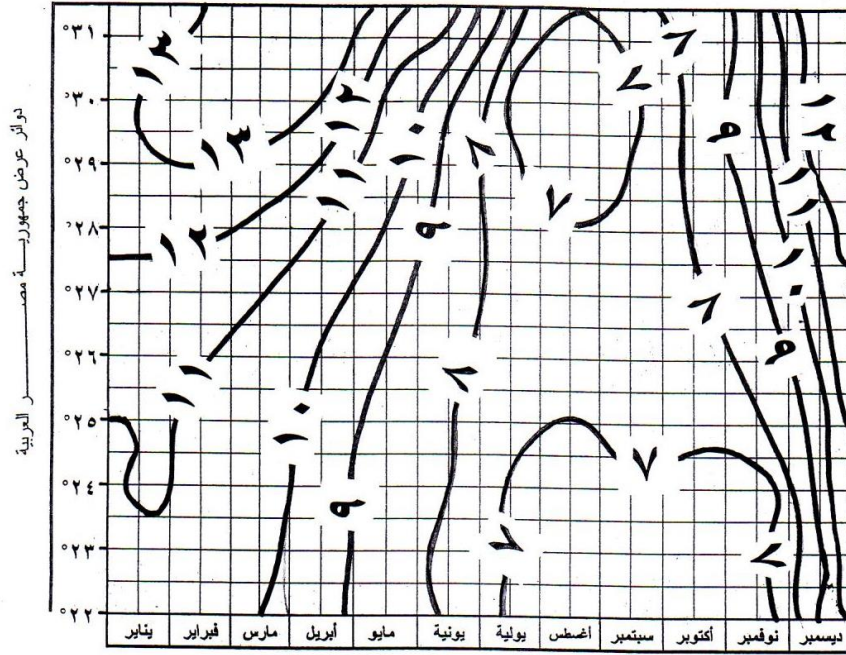


(شكل ٧) معدلات سرعة الرياح (م / ث) عند مستوى ضغط ١٠٠٠ هكتوباسكال في مصر

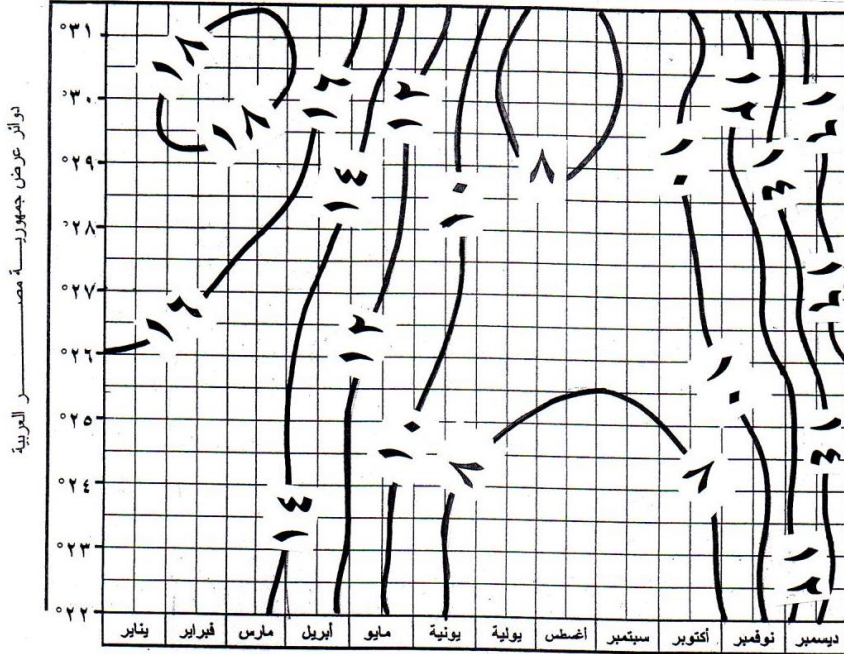


(شكل ٨) معدلات سرعة الرياح (م / ث) عند مستوى ضغط ٨٥٠ هكتوباسكال في مصر

من اعداد الباحث : اعتمادا على بيانات الجدول رقم ٢



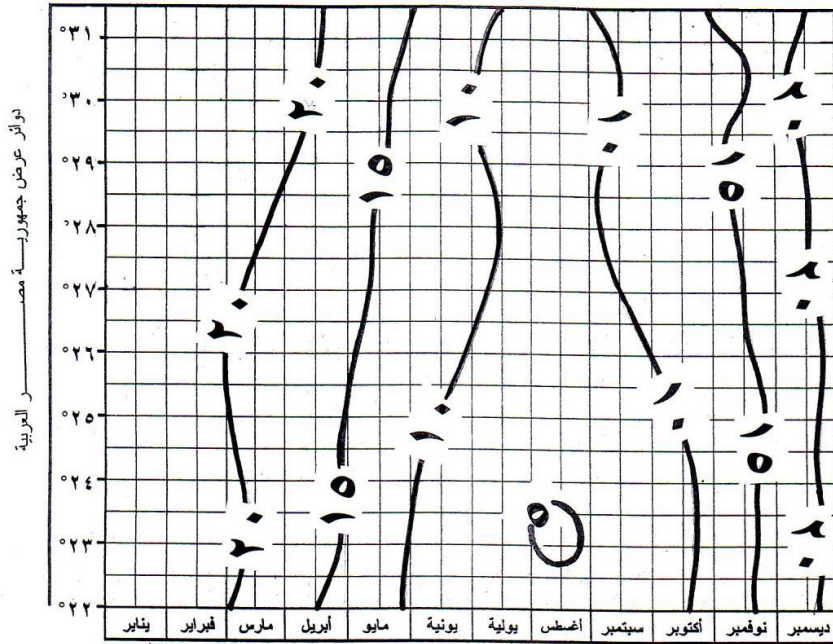
(شكل ٩) معدلات سرعة الرياح (م / ث) عند مستوى ضغط ٧٠٠ هكتوباسكال في مصر



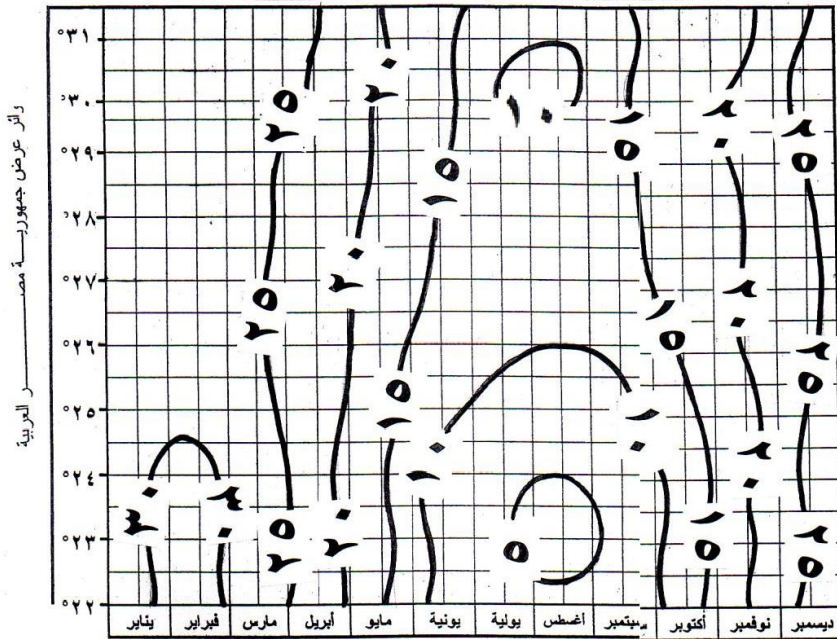
(شكل ١٠) معدلات سرعة الرياح (م / ث) عند مستوى ضغط ٦٠٠ هكتوباسكال في مصر

من اعداد الباحث : اعتمادا على بيانات الجدول رقم ٢

سرعة رياح التروبوسفير في مصر وتغيراتها الرأسية د. ياسر أحمد السيد السيد

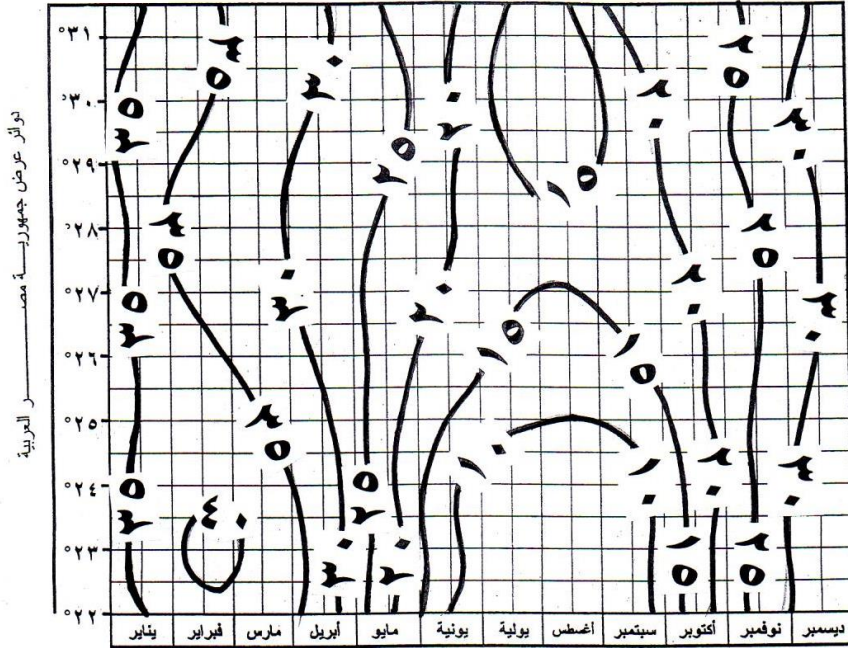


(شكل ١) معدلات سرعة الرياح (م / ث) عند مستوى ضغط ٥٠٠ هكتوباسكال في مصر

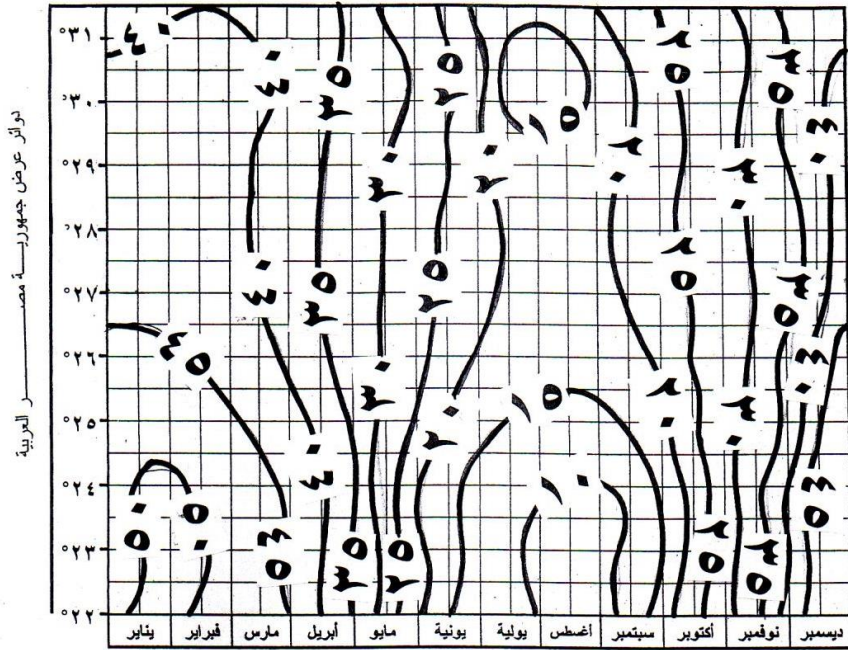


(شكل ٢) معدلات سرعة الرياح (م / ث) عند مستوى ضغط ٤٠٠ هكتوباسكال في مصر

من اعداد الباحث : اعتمادا على بيانات الجدول رقم ٢



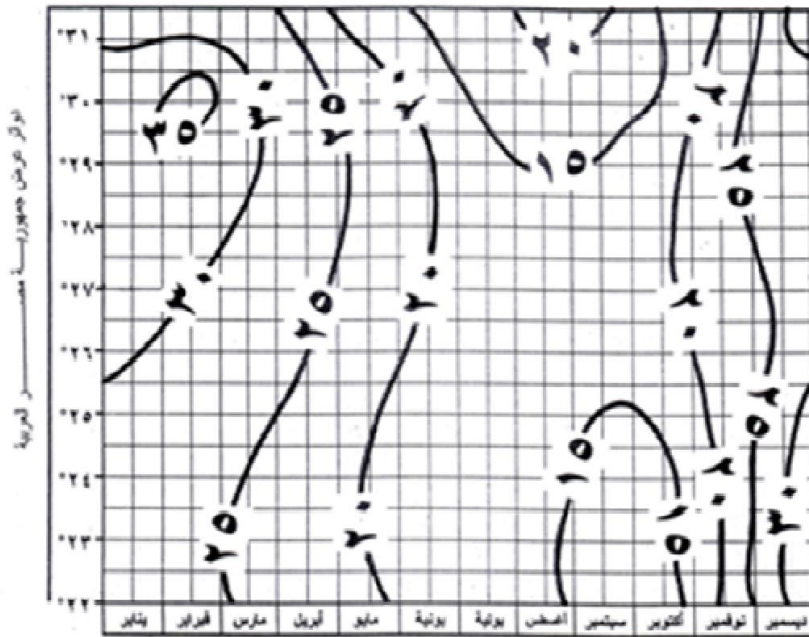
(شكل ١٣) معدلات سرعة الرياح (م / ث) عند مستوى ضغط ٣٠٠ هكتوباسكال في مصر



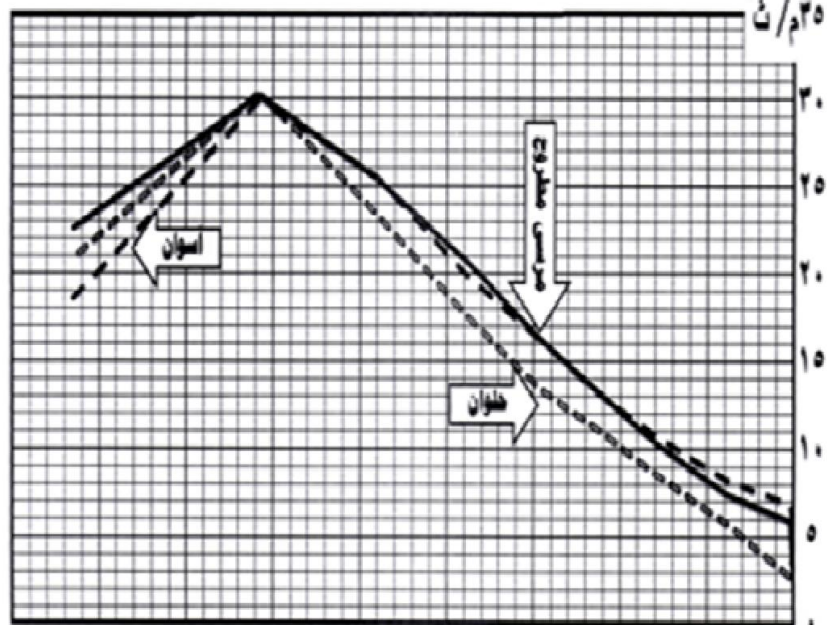
(شكل ١٤) معدلات سرعة الرياح (م / ث) عند مستوى ضغط ٢٠٠ هكتوباسكال في مصر

من اعداد الباحث : اعتمادا على بيانات الجدول رقم ٢

سرعة رياح التروبوسفير في مصر وتغيراتها الرأسية د. ياسر أحمد السيد السيد



(شكل ١٥) معدلات سرعة الرياح (م / ث) عند مستوى ضغط ١٠٠ هكتوباسكال في مصر



(شكل ١٦) تغير سرعة الرياح بالارتفاع في مرسى مطروح ، حلوان ، أسوان من اعداد الباحث : اعتمادا على بيانات الجدول رقم ٢

٣ - سرعة رياح طبقة الخلط والطبقة المتبقية:

ترتفع طبقة الخلط (Mixed layer) إلى ١.٥ كم في سماء مصر وتنتج عن نشاط تيارات الحمل خلال فترة النهار، حيث تتخفض كثافة الهواء نتيجة ارتفاع درجات الحرارة وفوق طبقة الخلط وخلال فترة تواجدها يتكون نطاق مستقر يسمى نطاق غرق الهواء الحر، وهو نطاق يحول دون استمرار الحركة الرأسية للحرارة نحو نطاق الهواء الحر، أما الطبقة المتبقية (Residual layer) فهي طبقة تشتمل على بقايا خصائص طبقة الخلط وتظهر في الليل فوق الطبقة المستقرة، وأعلى هذه الطبقة توجد طبقة الانعكاس المتوج (a capping inversion) وهي تعيق هبوط الهواء من نطاقه الحر الذي يقع أعلى طبقة الاحتكاك الحدية (Holtslag, B., 2013.pp 1-32).

تتحرر الرياح العليا نوعا ما من تأثير قوة الاحتكاك بالارتفاع في هذه الطبقة، كما تتخفض كثافة الهواء، ونظرا لأن العلاقة بين كثافة الهواء وسرعة الرياح علاقة عكسية، بمعنى زيادة سرعة الرياح مع انخفاض كثافة الهواء بالارتفاع، لذلك يصل المتوسط السنوي لسرعة الرياح على ارتفاع ١.٥ كم أي عند مستوى ضغط جوى ٨٥٠ هكتوباسكال إلى ٧.١ م/ث، فهو في مرسى مطروح ٨.٢ م/ث، وفي حلوان ٧.٤، وفي أسوان ٥.٧، ويرجع قلة الانحرافات المعيارية كذلك معاملات الاختلاف بين المعدلات الشهرية لسرعة الرياح غير الحرة من سطح الأرض حتى مستوى ٨٥٠ هكتوباسكال إلى استمرار تأثير الرياح بمنظومة الضغط المرتفع شتاء والمنخفض الحراري صيفا، وهاتان المنظومتان لا تساعدان على هبوب رياح نشطة أو قوية، أي أنها تتأثر بمحددات الرياح أسفل الطبقة الحدية.

ثانيا: سرعة الرياح الحرة:

طبقة الهواء الحر (Free air layer) والتي تعرف أيضا بطبقة الغلاف الجوي الحر (Free atmosphere layer) تقع فوق الطبقة الحدية، وتسود خلالها الرياح الحرة التي لا تتأثر بالاحتكاك بسطح الأرض، أي تتحدد قاعدة هذه الطبقة بنهاية تأثير خشونة السطح على حركة الرياح.

ومن بيانات الجدول (٢) الذي يوضح معدلات سرعة الرياح الشهرية عند مستويات مختلفة من التروبوسفير ننتبين عدة حقائق عن الرياح الحرة هي:
- عند مستوى ضغط جوى ٧٠٠ هكتوباسكال أي على ارتفاع ٣.١ كم تقريبا تظهر الرياح الحرة غير المتأثرة بالاحتكاك، لذلك تزداد سرعة الرياح في مصر عند هذا المستوى من طبقة التروبوسفير، حيث يصل معدلها السنوي إلى ٩.٨ م/ث، وفي مرسى مطروح ١٠.٧ م/ث، وفي حلوان ١٠.٣ م/ث، وفي أسوان ٨.٥ م/ث، ونظرا للارتفاع تزداد قوة كوريولي وهي قوة تتناسب طرديا مع جيب دائرة عرض المكان، لذلك يزداد تأثيرها في انحراف الرياح الحرة عند هذا المستوى بالاتجاه من جنوب البلاد نحو شمالها، كما تتناسب طرديا مع سرعة الرياح.

ويلاحظ أنه بداية من هذا المستوى تتزايد الانحرافات المعيارية ومعاملات الاختلاف بين المعدلات الشهرية لسرعة الرياح الحرة، بمعنى ظهور فروق واضحة في معدلات فصل الشتاء عن فصل الصيف، ويرجع ذلك إلى أنه مع تشابه كل الظروف تكون سرعة وطاقة الرياح في الأجواء الباردة أكبر من نظيرتها في الأجواء الدفيئة، كما أنه خلال فصل الشتاء تكون التباينات الحرارية بين العروض المدارية والعروض الوسطى كبيرة جدا، حيث يتزايد التدرج الأفقي للضغط الجوى، مما يجعل التيارات الحرة تندفع بأقصى سرعة.

(جدول ٣) الانحراف المعياري ومعامل الاختلاف بين معدلات سرعة الرياح الشهرية عند

مستويات مختلفة بطبقة التروبوسفير

معامل الاختلاف (%)			الانحراف المعياري (م/ث)			المستوى
أسوان	حلوان	مطروح	أسوان	حلوان	مطروح	هكتوباسكال
٥.٥	١١.٥	١٢.٧	٠.٢	٠.٤	٠.٧	عند السطح
١٤.٣	٨.٥	١٠.١	٠.٤	٠.٥	٠.٧	١٠٠٠
٩.٦	١٢.٥	١٢.٥	٠.٥	٠.٩	١.٠	٨٥٠
٢٠.٢	٢٧.٩	٢٢.٤	١.٧	٢.٩	٢.٤	٧٠٠
٣١.٨	٣٢.٨	٢٩.٧	٣.٤	٤.٣	٣.٨	٦٠٠
٤٨.١	٣٥.٢	٢٩.٦	٦.٤	٥.٨	٤.٨	٥٠٠
٥٣.٤	٣٤.٠	٣٠.٣	٩.٤	٧.٠	٦.٠	٤٠٠
٥٣.٨	٣١.٠	٢٦.٢	١٢.٦	٧.٩	٦.٦	٣٠٠
٤٩.٨	٣٣.٢	٢٦.٨	١٥.١	١٠.٠	٨.٠	٢٠٠
٢٩.٦	٣٦.٧	٣٣.٠	٦.١	٨.٣	٦.١	١٠٠

الجدول من إعداد الباحث اعتمادا على بيانات الجدول (١، ٢) .

- عند مستوى ضغط جوى ٦٠٠ هكتوباسكال، أي عند ارتفاع ٤.٣ كم تقريبا يصل المعدل السنوي لسرعة الرياح في الجمهورية إلى ١٢.٣ م/ث، ويصل في مرسى مطروح إلى ١٣.٠ م/ث، وفي حلوان ١٣.٠ م/ث، وفي أسوان ١٠.٩ م/ث، ويرجع ذلك إلى انخفاض كثافة الهواء ودرجات الحرارة والتحرر من قوة الاحتكاك.

- تسود الرياح الغربية الجيوستروفية عند مستوى ضغط جوى ٥٠٠ هكتوباسكال أي عند ارتفاع ٥.٧ كم تقريبا، وهي رياح تهب موازية لخطوط تساوى الضغط الجوي مستمدة طاقتها الحركية من التدرج الضغطي، وتتميز بثبات الاتجاه، إلا أن سرعتها كبيرة، لذلك يرتفع المعدل السنوي لسرعة الرياح في الجمهورية إلى ١٥.٣ م/ث، حيث يصل في مرسى مطروح إلى ١٦.٢ م/ث، وفي حلوان ١٦.٣ م/ث، وفي أسوان ١٣.٤ م/ث.

سرعة رياح التروبوسفير في مصر وتغيراتها الرأسية د.ياسر أحمد السيد السيد

- زيادة انخفاض كثافة الهواء، كذلك انخفاض درجات الحرارة بالارتفاع في التروبوسفير تزداد الرياح الجيوستروفية قوة، حيث يصل معدلها السنوي في الجمهورية عند مستوى ضغط جوى ٤٠٠ هكتوباسكال أي عند ارتفاع ٧.٤ كم تقريبا إلى ١٩.٤ م/ث، حيث يصل في مرسى مطروح إلى ١٩.٩ م/ث، وفي حلوان ٢٠.٧ م/ث، وفي أسوان ١٧.٦ م/ث، ولعل السبب الرئيسي في كون الرياح الجيوستروفية غربية هو انحرافها الكلى إلى يمين اتجاهها بفعل قوة كوريولي، حيث أن الاتجاه الاصلى لها من الجنوب نحو الشمال.

- تزداد سرعة الرياح الجيوستروفية عند مستوى ضغط جوى ٣٠٠ هكتوباسكال أي عند ارتفاع ٩.٥ كم تقريبا نظرا لظهور التيار القطبي النفاث الذي يصل إلى السواحل الشمالية المصرية في فصل الشتاء (تكون هذه أقصى إزاحة له تجاه الجنوب) حيث يبلغ المعدل السنوي لسرعة الرياح في الجمهورية ٢٤.٨ م/ث، ويصل في مرسى مطروح إلى ٢٥.٥ م/ث، وفي حلوان ٢٥.٤ م/ث، وفي أسوان ٢٣.٤ م/ث.

- تزداد أكثر سرعة التيارات الهوائية الجيوستروفية عند مستوى ضغط جوى ٢٠٠ هكتوباسكال أي عند ارتفاع ١٢.٢ كم، حيث يبلغ متوسطها السنوي في الجمهورية ٣٠.١ م/ث، يصل في مرسى مطروح إلى ٢٩.٩ م/ث، وفي حلوان ٣٠.٢ م/ث، وفي أسوان ٣٠.٣ م/ث، ويرجع هذا إلى الانخفاض الشديد في كثافة الهواء وتواجد التيار النفاث دون المدارى عند هذا المستوى، وهو تيار سرعته في الشتاء أكبر منها في الصيف، ويقع غالبا على الأطراف الشمالية لحزام المرتفعات الجوية دون المدارية، ويتزحزح موقعه بين دائرتي عرض ٢٠-٢٧° شمالا خلال فصل الشتاء إلى دائرة عرض ٣٠-٣٢° شمالا خلال فصل الصيف، ويصبح محوره في الصيف فوق البحر المتوسط بعد أن كان فوق الصحراء الكبرى الأفريقية في فصل الشتاء، واتجاهه دائما من الغرب نحو الشرق.

- تقل نوعا ما سرعة الرياح عند وصولنا إلى مستوى ضغط جوى ١٠٠ هكتوباسكال أي عند ارتفاع ١٦.٥ كم تقريبا، حيث يصل المعدل السنوي لسرعة الرياح في الجمهورية ٢٠.٧ م/ث، ويصل في مرسى مطروح إلى ١٨.٦ م/ث، وفي حلوان ٢٢.٦ م/ث، وفي أسوان ٢٠.٩ م/ث نظرا لعدم وجود تيار نفاث عند هذا المستوى (رغم وجود تيار آخر أسفل الإستراتوسفير) كما أنه بانتهاء هذا المستوى تبدأ طبقة التروبوبوز في جمهورية مصر العربية التي تزداد فيها الحرارة بالارتفاع إيذانا ببداية طبقة الاستراتوسفير (حيث توجد علاقة عكسية بين الحرارة وسرعة الرياح).

المبحث الثاني: معدل تغير سرعة الرياح بالارتفاع:

تتحرك الرياح فوق طبقة الاحتكاك تحت تأثير قوتين هما قوة تدرج الضغط الأفقي وقوة كوريولى (مع إهمال قوة تدرج الضغط الرأسى وقوة الجاذبية الأرضية) لذلك تستمر سرعة رياح طبقة الاحتكاك بالتزايد مع زيادة الارتفاع عن سطح البحر حتى تتحول إلى رياح حرة (تتحرر من الاحتكاك) وتهب موازية لخطوط الضغط الجوى المتساوي، وتكون قوية السرعة وعمودية على تدرج الضغط الجوى، وتتناقص سرعتها بداية من طبقة التروبوبوز والتي تقع في مصر أعلى من مستوى ضغط جوى ١٠٠ هكتوباسكال، وتستمر بعدها سرعة الرياح في التناقص بالارتفاع في طبقة الإستراتوسفير نظرا لتزايد درجة الحرارة، حيث يكون معدل تناقص سرعة الرياح أكبر مع ارتفاع درجات الحرارة. ويتتبع بيانات الجدول رقم (٤) الذي يوضح معاملات الارتباط ومعادلات خط الانحدار بين الارتفاع عن مستوى سطح البحر كعامل مستقل، ومعدلات سرعة الرياح في التروبوسفير حتى ارتفاع ١٢.٢ كم كعامل تابع يتغير بتغير العامل المستقل نستخلص عدة نتائج منها:

جدول ٤ (معاملات الارتباط ومعادلات الانحدار بين معدلات سرعة الرياح والارتفاع في سماء مصر)

يمكن منها التوقع بسرعة الرياح حتى ارتفاع ١٢٥٠٠ م		يمكن منها التوقع بسرعة الرياح حتى ارتفاع ١٢٢٠٠ م		يمكن منها التوقع بسرعة الرياح حتى ارتفاع ١٢٠٠ م	
(عامل تابع)		(عامل مستقل)		(عامل تابع)	
الثقة في المعادلة %	معادلة خط الانحدار من الدرجة الرابعة	معادلة خط الانحدار من الدرجة الأولى	معدل التغير /م	حجم التحكم %	معامل ارتباط بيرسون
٩٩,٨٦	$١,٨٣٧٢ + ٤,٨٥٢٩ \text{ م} - ١,٣٥٥ + ١,٣٥٥ \text{ م} - ١,٣٥٥ \text{ م} - ١,٣٥٥ \text{ م}$	$٣,٤ + ٢,٩ = \text{ص}$	٠,٣٤	٩٦,٢	٠,٩٨١+
٩٩,٨٦	$١,٨٤٦٧ + ٤,٨٦٤٢ \text{ م} - ١,٣٥٥ + ١,٣٥٥ \text{ م} - ١,٣٥٥ \text{ م} - ١,٣٥٥ \text{ م}$	$٣,٤ + ٢,٣ = \text{ص}$	٠,٣٤	٩٧,٠	٠,٩٨٥+
٩٩,٩٠	$٢,٤٩١٤ + ٤,٨٣٨٧ \text{ م} - ١,٣٥٥ + ١,٣٥٥ \text{ م} - ١,٣٥٥ \text{ م} - ١,٣٥٥ \text{ م}$	$٣,٢ + ٢,٦ = \text{ص}$	٠,٣٢	٩٦,٨	٠,٩٨٤+
٩٩,٨٣	$٢,٧٥٥٤ + ٤,٧٢٨٤ \text{ م} - ١,٣٥٥ + ١,٣٥٥ \text{ م} - ١,٣٥٥ \text{ م} - ١,٣٥٥ \text{ م}$	$٢,٨ + ٢,٧ = \text{ص}$	٠,٢٨	٩٦,٦	٠,٩٨٣+
٩٩,٩٥	$٢,٣٢٩٩ + ٤,٥٩٥٨ \text{ م} - ١,٣٥٥ + ١,٣٥٥ \text{ م} - ١,٣٥٥ \text{ م} - ١,٣٥٥ \text{ م}$	$٢,١ + ٤,١ = \text{ص}$	٠,٢١	٩٥,٥	٠,٩٧٧+
٩٩,٨٠	$٢,٥٩٩٩ + ٥,٣٧٧١ \text{ م} - ١,٣٥٥ + ١,٣٥٥ \text{ م} - ١,٣٥٥ \text{ م} - ١,٣٥٥ \text{ م}$	$١,٣ + ٥,٢ = \text{ص}$	٠,١٣	٦٧,٩	٠,٨٢٤+
٩٩,٣٧	$١,٩٥٠٠ + ٥,٧٤٨٩ \text{ م} - ١,٣٥٥ + ١,٣٥٥ \text{ م} - ١,٣٥٥ \text{ م} - ١,٣٥٥ \text{ م}$	$١,٦ + ٥,٣ = \text{ص}$	٠,٠٦	٥٨,٢	٠,٧٦٣+
٩٩,٢٩	$٢,٢٨٣٠ + ٥,١٦٥٩ \text{ م} - ١,٣٥٥ + ١,٣٥٥ \text{ م} - ١,٣٥٥ \text{ م} - ١,٣٥٥ \text{ م}$	$١,٦ + ٤,٨ = \text{ص}$	٠,٠٦	٥٦,٤	٠,٧٥١+
٩٩,٤٠	$٢,٣٨٣٠ + ٥,٥٥٠٨ \text{ م} - ١,٣٥٥ + ١,٣٥٥ \text{ م} - ١,٣٥٥ \text{ م} - ١,٣٥٥ \text{ م}$	$١,٢ + ٤,٠ = \text{ص}$	٠,١٢	٥٨,٤	٠,٧٢٤+
٩٩,٨٧	$٢,٣٨٠٠ + ٤,٨٩٠٤ \text{ م} - ١,٣٥٥ + ١,٣٥٥ \text{ م} - ١,٣٥٥ \text{ م} - ١,٣٥٥ \text{ م}$	$١,٨ + ٢,٧ = \text{ص}$	٠,١٨	٩٠,١	٠,٩٤٩+
٩٩,٩٣	$٢,٣٢٤٠ + ٤,٥١٠٩ \text{ م} - ١,٣٥٥ + ١,٣٥٥ \text{ م} - ١,٣٥٥ \text{ م} - ١,٣٥٥ \text{ م}$	$٢,٤ + ١,٨ = \text{ص}$	٠,٢٤	٩٦,٢	٠,٩٨١+
٩٩,٨٤	$٢,٣٠١٢ + ٤,٤٥٥٠ \text{ م} - ١,٣٥٥ + ١,٣٥٥ \text{ م} - ١,٣٥٥ \text{ م} - ١,٣٥٥ \text{ م}$	$٣,٠ + ٢,٣ = \text{ص}$	٠,٣٠	٩٨,٠	٠,٩٩٠+
٩٩,٩٨	$٢,٣٤٩٠ + ٤,٩٥٣٢ \text{ م} - ١,٣٥٥ + ١,٣٥٥ \text{ م} - ١,٣٥٥ \text{ م} - ١,٣٥٥ \text{ م}$	$٢,١ + ٢,٨ = \text{ص}$	٠,٢١	٩٧,٢	٠,٩٨٦+

الجدول من إعداد الباحث : اعتمادا على بيانات هيئة الأرصاد الجوية المصرية غير المنشورة للفترة بين عامي ١٩٦٥ ، ٢٠١٢ م

١- أن جميع معاملات الارتباط في شهور فصل الصيف وأوائل الخريف موجبة قوية فقط حيث تصل خلال شهر يونية إلى ٠.٨٢٤، وفي يوليه ٠.٧٦٣، وفي أغسطس ٠.٧٥١، وفي سبتمبر ٠.٧٦٤، كما يقل حجم تحكم الارتفاع في زيادة سرعة الرياح خلال هذه الفترة بمستوى ثقة ٩٥% حيث يصل في شهر يونية إلى ٦٧.٩%، وفي يوليه ٥٨.٢%، وفي أغسطس ٥٦.٤%، وفي سبتمبر ٥٨.٤%، ويرجع السبب في ذلك إلى ارتفاع درجة حرارة الطبقات السطحية من التروبوسفير ومن ثم انخفاض معدل تزايد سرعة الرياح، كما يرجع ذلك أيضا إلى ابتعاد التيار النفاث القطبي عن السواحل الشمالية المصرية ويكون أكثر شمالية، وإلى ضعف قوة التيار النفاث دون المداري الغربي والتيار النفاث الاستوائي الشرقي خلال فصل الصيف وبداية الخريف.

٢- تكون معاملات الارتباط خلال الفترة بين أكتوبر ومايو موجبة قوية جدا حيث تصل في شهر أكتوبر إلى ٠.٩٤٩، وفي نوفمبر ٠.٩٨١، وفي ديسمبر ٠.٩٩٠، وفي يناير ٠.٩٨١، وفي فبراير ٠.٩٨٥، وفي مارس ٠.٩٨٤، وفي أبريل ٠.٩٨٣، وفي مايو ٠.٩٧٧، كما يرتفع حجم تحكم الارتفاع عن مستوى سطح البحر في تغير سرعة الرياح بمستوى ثقة ٩٥%، حيث يصل في شهر أكتوبر إلى ٩٠.١%، وفي نوفمبر ٩٦.٢%، وفي ديسمبر ٩٨.٠%، وفي يناير ٩٦.٢%، وفي فبراير ٩٧.٠%، وفي مارس ٩٦.٨%، وفي أبريل ٩٦.٦%، وفي مايو ٩٥.٥%، ويرجع ذلك إلى تزايد سرعة التيارات الحرة الجيوستروفية في وسط التروبوسفير مع تناقص درجات الحرارة، كما يرجع ذلك إلى قوة التيارات النفاثة أعلى التروبوسفير والتي تزيد سرعتها وطاقتها نتيجة شدة تدرج الضغط الجوي بين المناطق المدارية والقطبية خلال هذه الفترة من العام.

٣- ترتفع معدلات تزايد سرعة الرياح بالارتفاع حتى ١٢٢٠٠م من مستوى سطح البحر خلال شهور فصل الشتاء، حيث تصل في ديسمبر إلى ٠.٣٠

سرعة رياح التروبوسفير في مصر وتغيراتها الرأسية د.ياسر أحمد السيد السيد

متر في الثانية/١٠٠ متر ارتفاع عن مستوى سطح البحر ، وفي يناير ٠.٣٤ ،
وفي فبراير ٠.٣٤ ، ويرجع ذلك إلى شدة التيارات الهوائية الحرة وقوة الرياح
النفائثة القطبية، لا تلبث أن تقل قليلا في شهور الربيع حيث تصل خلال شهر
مارس إلى ٠.٣٢ ، وفي أبريل ٠.٢٨ ، وفي مايو ٠.٢١ بسبب الابتعاد النسبي
للتيارات النفائثة عن ارضى الجمهورية ، كذلك لارتفاع درجات الحرارة نوعا ما
أسفل التروبوسفير نظرا لزيادة زاوية ارتفاع شمس الظهيرة ، أما أدنى قيمها
فتسجل خلال شهور الصيف ، حيث تصل في شهر يونية إلى ٠.١٣ ، وفي
يوليه ٠.٠٦ ، وفي أغسطس ٠.٠٦ بسبب ابتعاد التيارات النفائثة أكثر عن شمال
البلاد وظهور التيار النفائث دون المدارى الغربى والتيار النفائث الاستوائى
الشرقى الضعيف خلال فصل الصيف وبداية الخريف على الجنوب ، ثم نجدها
ترتفع قليلا خلال شهور فصل الخريف ، حيث تصل في سبتمبر إلى ٠.١٢ ،
وفي أكتوبر ٠.١٨ ، وفي نوفمبر ٠.٢٤ .

٤ - يبدأ معدل تغير سرعة الرياح بعد مستوى ضغط جوى ٢٠٠ هكتوباسكال
في التناقص التدريجى، لذلك فان سرعة الرياح العليا عند هذا المستوى أكبر
منها عند مستوى ضغط جوى ١٠٠ هكتوباسكال، أي أن سرعة الرياح لا
تستمر في التزايد على وتيرة واحدة حتى ارتفاع ١٦.٥ كم، وقد استطاع الباحث
تحديد عدة معادلات خط الانحدار من الدرجة الرابعة يمكن بواسطتها تقدير
سرعة الرياح بدءا من مستوى سطح البحر حتى هذا الارتفاع بدرجة ثقة أعلى
من ٩٩% .

ويتتبع بيانات الجدول (٥) الذي يوضح معدل التغير الشهري لسرعة
الرياح بالارتفاع في التروبوسفير تتضح لنا عدة حقائق عن قوة وطبيعة التغير
الراسي للرياح في الجمهورية منها:

(جدول ٥) معدل تغير سرعة الرياح بالارتفاع (متر في الثانية) / ١٠٠ متر من سطح البحر

متوسط	ديسمبر	نوفمبر	اكتوبر	سبتمبر	الاضطس	يوليو	يونيو	مايو	ابريل	مارس	فبراير	يناير	المستوى
١,١	١,٠	٠,٧	١,١	١,٤	١,٩	٢,١	١,٣	١,٥	١,٥	١,٥	١,٢	١,٥	١٠٠٠-السطح
١,١	١,٠	٠,٧	١,١	١,٤	١,٩	٢,١	١,٣	١,٥	١,٥	١,٥	١,٢	١,٥	٨٥٠-١٠٠٠
١,٠	١,٠	٠,٧	١,١	١,٤	١,٩	٢,١	١,٣	١,٥	١,٥	١,٥	١,٢	١,٥	٧٠٠-٨٥٠
١,٠	١,٠	٠,٧	١,١	١,٤	١,٩	٢,١	١,٣	١,٥	١,٥	١,٥	١,٢	١,٥	٦٠٠-٧٠٠
١,٠	١,٠	٠,٧	١,١	١,٤	١,٩	٢,١	١,٣	١,٥	١,٥	١,٥	١,٢	١,٥	٥٠٠-٦٠٠
١,٠	١,٠	٠,٧	١,١	١,٤	١,٩	٢,١	١,٣	١,٥	١,٥	١,٥	١,٢	١,٥	٤٠٠-٥٠٠
١,٠	١,٠	٠,٧	١,١	١,٤	١,٩	٢,١	١,٣	١,٥	١,٥	١,٥	١,٢	١,٥	٣٠٠-٤٠٠
١,٠	١,٠	٠,٧	١,١	١,٤	١,٩	٢,١	١,٣	١,٥	١,٥	١,٥	١,٢	١,٥	٢٠٠-٣٠٠
١,٠	١,٠	٠,٧	١,١	١,٤	١,٩	٢,١	١,٣	١,٥	١,٥	١,٥	١,٢	١,٥	١٠٠-٢٠٠
١,٠	١,٠	٠,٧	١,١	١,٤	١,٩	٢,١	١,٣	١,٥	١,٥	١,٥	١,٢	١,٥	السطح-١٠٠٠
١,٠	١,٠	٠,٧	١,١	١,٤	١,٩	٢,١	١,٣	١,٥	١,٥	١,٥	١,٢	١,٥	٨٥٠-١٠٠٠
١,٠	١,٠	٠,٧	١,١	١,٤	١,٩	٢,١	١,٣	١,٥	١,٥	١,٥	١,٢	١,٥	٧٠٠-٨٥٠
١,٠	١,٠	٠,٧	١,١	١,٤	١,٩	٢,١	١,٣	١,٥	١,٥	١,٥	١,٢	١,٥	٦٠٠-٧٠٠
١,٠	١,٠	٠,٧	١,١	١,٤	١,٩	٢,١	١,٣	١,٥	١,٥	١,٥	١,٢	١,٥	٥٠٠-٦٠٠
١,٠	١,٠	٠,٧	١,١	١,٤	١,٩	٢,١	١,٣	١,٥	١,٥	١,٥	١,٢	١,٥	٤٠٠-٥٠٠
١,٠	١,٠	٠,٧	١,١	١,٤	١,٩	٢,١	١,٣	١,٥	١,٥	١,٥	١,٢	١,٥	٣٠٠-٤٠٠
١,٠	١,٠	٠,٧	١,١	١,٤	١,٩	٢,١	١,٣	١,٥	١,٥	١,٥	١,٢	١,٥	٢٠٠-٣٠٠
١,٠	١,٠	٠,٧	١,١	١,٤	١,٩	٢,١	١,٣	١,٥	١,٥	١,٥	١,٢	١,٥	١٠٠-٢٠٠
١,٠	١,٠	٠,٧	١,١	١,٤	١,٩	٢,١	١,٣	١,٥	١,٥	١,٥	١,٢	١,٥	السطح-١٠٠٠

من إعداد الباحث: اعتماداً على بيانات هيئة الأرصاد الجوية المصرية غير المنشورة للفترة بين عامي ١٩٦٥، ٢٠١٢م

سرعة رياح التروبوسفير في مصر وتغيراتها الرأسية د.ياسر أحمد السيد السيد

١ - يتزايد سريعا جدا معدل التغير الشهري لسرعة الرياح بالارتفاع من مستوى سطح البحر حتى مستوى ضغط جوى ١٠٠٠ هكتوباسكال، حيث يصل في مرسى مطروح إلى ١.١ م في الثانية/١٠٠ متر، وفي حلوان ١.٧، نظرا لأن التحرر من قوة الاحتكاك بالارتفاع في المناطق الشمالية تتغلب على قوة التدرج الأفقي للضغط الجوي الناتج عن اختلاف درجات الحرارة بين دوائر العرض، مما يؤدي إلى تزايد سرعة الرياح سريعا بالارتفاع حتى نهاية هذا المستوى من الضغوط الجوية الذي يقع في مرسى مطروح على ارتفاع ٤٠م، وفي حلوان ١١٥م، كما يرجع ذلك إلى وقوع أراضي شمالي الجمهورية ضمن نطاق المرتفع الجوي دون المدارى المسمى بنطاق عروض الخيل الشمالي، وهو نطاق تسود فيه الرياح الهابطة من المستويات العليا التي ترتفع فيها سرعة الرياح إلى مستويات سطحية تقل فيها سرعة الرياح كثيرا ، مما يزيد من تدرج السرعة بالارتفاع في طبقة الاحتكاك السطحية.

على العكس من ذلك أسوان حيث نلاحظ أن معدل تغير سرعة الرياح بالارتفاع في الطبقة السطحية الرقيقة الممتدة حتى مستوى ضغط جوى ١٠٠٠ هكتوباسكال والتي تمتد حتى ارتفاع ٩٣ متر من سطح البحر فقط، هو معدل تغير سالب يصل إلى -١.٧، بمعنى تناقص سرعة الرياح بالاتجاه نحو أعلى هذه الطبقة ، ويرجع ذلك إلى ارتفاع درجات الحرارة جدا في أسوان وحدوث دوامات هوائية محلية عميقة، مما يؤدي إلى تغلب قوة تدرج الضغط الأفقي في الطبقة السطحية على فعل تحرر سرعة الرياح من قوة الاحتكاك عند هذا المستوى ، كما يرجع ذلك إلى وقوع أسوان ضمن المنطقة المدارية التي يغلب عليها تيارات الحمل الصاعدة، ومن ثم انتقال الرياح من مستويات سطحية تقل فيها سرعة الرياح نحو أعلى هذه الطبقة.

٢ - رغم تزايد سرعة الرياح بالارتفاع في الطبقة الممتدة بين مستويي ١٠٠٠، ٨٥٠ هكتوباسكال، إلا أن معدل التزايد منخفض جدا، حيث يصل في كل من

مرسى مطروح وحلوان إلى ٠.١ متر في الثانية/١٠٠متر، وفي أسوان ٠.٢، ويرجع ذلك إلى وقوع جزء من هذه الطبقة ضمن الطبقة المستقرة التي تتواجد أعلى الطبقة السطحية الاضطرابية، وهذه الطبقة تقل فيها نوعا ما سرعة الرياح، كما يقع الجزء الباقي ضمن الطبقة المتبقية والتي تتواجد أعلى الطبقة المستقرة وهي طبقة ليلية تقل فيها أيضا سرعة الرياح السطحية.

٣ - تزداد معدلات سرعة الرياح بالارتفاع فيما بين مستويي ٨٥٠ ، ٣٠٠ هكتوباسكال (أي بين ارتفاع ١٥٠٠ م : ٩٥٠٠م تقريبا) حيث تتراوح بين ٠.٢، ٠.٣ متر في الثانية/١٠٠متر، ويرجع ذلك إلى ظهور التيارات الهوائية الحرة غير المتأثرة بالاحتكاك التي يتحدد اتجاهها وسرعتها بمقدار التدرج الأفقي للضغط الجوي وقوة كوريولي، كما يرجع تزايد المعدل فيما بين مستويي ٣٠٠ - ٢٠٠ هكتوباسكال إلى ظهور التيار الجيوستروفي النفاث دون المداري عند قمة هذا المستوى، وهو تيار هوائي تزداد قوته خلال فصل الشتاء نتيجة لوضوح الفروق الإقليمية في درجات الحرارة - ومن ثم انحدارات الضغوط الجوية - بين المناطق المدارية والقطبية.

٤ - ينعكس الحال فيما بين مستويي ضغط جوى ٢٠٠ - ١٠٠ هكتوباسكال، حيث نجد إشارات سالبة لمعدلات تغير سرعة الرياح بالارتفاع، أي تتناقص سرعة الرياح في هذه الطبقة بالارتفاع عن مستوى سطح البحر، حيث يصل في مرسى مطروح إلى -٠.٣، وفي كل من حلوان وأسوان -٠.٢، ويرجع ذلك إلى قلة سرعة الرياح بالابتعاد نحو الأعلى عن التيار النفاث دون المداري الذي يقع أسفل هذه الطبقة، إذ لا يوجد تيار نفاث عند مستوى ضغط جوى ١٠٠ هكتوباسكال رغم وجود تيار نفاث أسفل طبقة الإستراتوسفير.

جدول ٦ (فوارق معدلات سرعة الرياح بين مستويات الضغوط الجوية المتتالية (م / ت)

المستوى	يناير	فبراير	مارس	أبريل	مايو	يونيو	يوليو	أغسطس	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر	متوسط	
مطليح	١٠٠٠-١٠٠٠	١,٦	١,٤	١,٤	١,٣	١,٦	١,٣	٢,١	١,٨	١,٦	١,١	١,٦	١,٦	
	٨٥٠-١٠٠٠	١,٠	١,٨	١,٩	١,٩	٢,٥	١,٩	١,٣	١,٠	١,٠	٠,٥	٠,٥	١,١	
	٧٠٠-٨٥٠	٢,٩	٣,٨	٤,١	٤,٩	٣,٢	٣,٢	٠,٥-	٠,٦-	٠,٨	١,٣	٢,٣	٢,٧	
	٦٠٠-٧٠٠	٣,٩	٣,٩	٤,١	٣,٩	٢,٣	٢,٧	صفر	٠,٦	٠,٨	٢,٢	٣,٨	٢,١	
	٥٠٠-٦٠٠	٤,٨	٤,٩	٤,٤	٤,١	٣,٠	١,٦	١,١	٢,٣	٢,٩	٢,٨	٢,٢	٣,٤	
	٤٠٠-٥٠٠	٥,٩	٥,٩	٤,٩	٤,١	٣,٠	١,٦	١,٥	٣,٧	٣,٦	٢,٨	٢,٣	٣,٦	
	٣٠٠-٤٠٠	٧,١	٥,٩	٤,٩	٦,٦	٣,٩	٥,٦	٣,٧	٧,٧	٧,٧	٧,٢	٤,٩	٤,٦	
	٢٠٠-٣٠٠	٤,٢	٧,٤	٥,٧	٥,٧	٤,٤	٣,٥	٠,٧	٢,٧	١,٣	٠,٤	٦,٦	٤,٤	
	١٠٠-٢٠٠	١٢,٢-	١٧,٢-	٩,٩-	١٧,٠-	١١,٩-	١٠,٢-	٤,٠-	٨,٩-	١٢,٤-	١٠,٦-	١٠,٢-	١١,٠-	١١,٣-
	السطح-١٠٠٠	١,٢	١,٦	١,٥	١,٤	١,٠	٢,٨	٢,١	٢,٤	٢,٧	٢,٠	٢,٧	١,٤	٢,٠
	السطح-٨٥٠	٣,٢	٢,٧	٢,٣	١,٨	٢,٢	١,٣	صفر	٠,٥	٠,٥	٠,٤	٠,٣	١,٣	١,٣
	٧٠٠-٨٥٠	٤,٥	٥,٥	٤,٤	٥,٥	٣,١	٣,١	٠,١-	٠,١-	١,٥	٢,٦	٢,٠	٤,٦	٣,٢
٦٠٠-٧٠٠	٤,٨	٥,٢	٤,٤	٣,٠	٣,١	١,١	٠,٥	١,١	١,٥	١,٥	٢,٠	٢,٥	٢,٧	
٥٠٠-٦٠٠	٦,٠	٤,٩	٤,٦	٣,٤	٢,٠	١,٨	١,١	١,٠	١,٣	١,٢	٣,٥	٤,٠	٣,٤	
٤٠٠-٥٠٠	٥,٩	٦,١	٤,٩	٤,٧	٤,٤	٤,١	١,٥	١,٠	٤,٣	٤,٢	٥,٤	٥,٢	٤,١	
٣٠٠-٤٠٠	٤,٧	٦,١	٣,٦	٥,٣	٧,٠	٥,٨	١,٣	٢,٣	٤,٨	٤,٨	٥,٣	٣,٩	٤,٩	
٢٠٠-٣٠٠	٨,٤	٦,٢	٩,٣	٥,٣	٤,٤	٤,٢	١,٥	١,٦	٢,٨	١,٩	٥,٥	٧,٢	٤,٦	
١٠٠-٢٠٠	٩,٤-	٦,٤-	١١,٤-	٩,٤-	٩,١-	٩,١-	٨,٥-	١,٦-	١٠,٧-	١١,٦-	٧,٨-	٧,٢-	٧,٥-	
السطح-١٠٠٠	٠,٩-	١,٥-	٢,١-	١,٧-	١,٥-	١,٥-	١,٣-	١,٤-	١,٨-	١,٠-	٢,٢-	٢,٠-	١,٦-	
٨٥٠-١٠٠٠	٢,٥	٢,٦	٣,٥	٢,٨	٣,٤	٣,٤	٣,٠	٣,١	٢,٦	٢,٠	٢,٩	٣,٥	٣,١	
٧٠٠-٨٥٠	٥,٦	٥,٣	٤,٣	٣,٦	٢,٠	٢,٢	١,٥	١,٠	٢,٨	١,٥	١,٥	٣,٨	٢,٥	
٦٠٠-٧٠٠	٥,٢	٤,٨	٤,٨	٣,٤	٢,٢	٢,٢	١,٠	١,٣	٢,٥	١,٥	٢,٢	٤,٣	٢,٣	
٥٠٠-٦٠٠	٦,٢	٦,٩	٣,٣	٤,١	٢,٤	٢,٤	٠,٤-	٢,٠-	٠,٥-	١,٨	٤,٦	٥,٥	٢,٦	
٤٠٠-٥٠٠	٦,٩	٦,٩	٨,٨	٥,٣	٤,٠	٤,٤	٠,٤	٠,٤	١,٦	٣,٣	٦,٥	٧,١	٤,٣	
٣٠٠-٤٠٠	٩,٥	٨,٣	١٢,١	٩,٧	٥,٨	١,٨	٢,٠	١,٤	٣,٥	١,٠	٦,٤	٦,٢	٥,٨	
٢٠٠-٣٠٠	١١,٩	٩,٧	٦,٩	٩,٧	٦,٢	٥,٢	٤,٤	٢,٦	٣,٥	١,٠	٦,٤	٨,٧	٦,٩	
١٠٠-٢٠٠	٢٠,٠-٢٠,٠	٢١,٦-	٢٢,١-	١٩,٣-	١٤,٤-	٦,٤-	٢,٢	٩,٥	٠,٣-	١٠,٩-	١٣,٤-	١٢,٣-	٩,٥-	

من إعداد الباحث : اعتمادا على بيانات هيئة الأرصاد الجوية المصرية غير المنشورة للفترة بين عامي ١٩٦٥ ، ٢٠١٢ م

المبحث الثالث: سرعة الرياح العليا تبعا للاتجاه:

بالنظر إلى الجداول أرقام (٧ : ١٥) التي توضح متوسط سرعة الرياح عند مستويات الضغوط الجوية المختلفة في طبقة التروبوسفير بمرسى مطروح وحلوان وأسوان، نلاحظ أن الغربيات بأفرعها الثلاثة الشمالية الغربية والغربية والجنوبية الغربية في الطبقة السفلى من التروبوسفير هي الأعلى سرعة، حيث يبلغ متوسطها عند مستوى ضغط جوى ٧٠٠ هكتوباسكال في مرسى مطروح ١١٠ م/ث، وفي حلوان ١٠٧ م/ث، وفي أسوان ٨٠٩ م/ث، ويرجع ذلك إلى سيادة الرياح الحرة بالارتفاع عن سطح البحر التي تتحرف محصلة اتجاهها نحو الغرب بزيادة الارتفاع تبعا لقوة كوريولى (أنظر: ياسر السيد، ٢٠١٠م: ٢٨٩).

وما إن يبدأ كتلة من الهواء بالتحرك تحت تأثير قوة تدرج الضغط الأفقي عابرة لخطوط الضغط المتساوية حتى تبدأ قوة الأرض الحارفة بالعمل على حرفها عن مسارها الأول، وبازدياد سرعة الهواء المتحرك تزداد فعالية قوة الأرض الحارفة، إلى أن يحدث التعادل بين القوتين ليأخذ الهواء عندها حركة موازية لخطوط الضغط المتساوية، تاركاً الضغط المرتفع على يمينه في نصف الكرة الشمالي وعلى يساره في نصف الكرة الجنوبي، ولذا فإن الرياح العلوية تكون غربية في العروض المنخفضة (يسار الضغط المرتفع شبه المدارى العلوى) وتعرف الرياح العلوية التي تعصف موازية لخطوط الضغط المتساوية باسم الرياح الجيوستروفية (Geotropic Wind) وهى تمتاز بالرتابة وثبات الاتجاه ، وسرعتها تكاد أن تكون ثابتة .

تزداد سرعة الغربيات في وسط طبقة التروبوسفير، حيث نجد متوسطها عند مستوى ضغط جوى ٥٠٠ هكتوباسكال في مرسى مطروح ١٥٠٨ م/ث، وفي حلوان ١٥٠٧ م/ث، وفي أسوان ١٢٠٦ م/ث، ويرجع ذلك إلى اختفاء قوة الاحتكاك ووضوح قوة كوريولى، تزداد أكثر في أعالي التروبوسفير حيث يصل

سرعة رياح التروبوسفير في مصر وتغيراتها الرأسية د.ياسر أحمد السيد السيد

متوسطها عند مستوى ضغط جوى ٢٠٠ هكتوباسكال في مرسى مطروح إلى ٢٥.٩م/ث، وفي حلوان ٢٩.١م/ث، وفي أسوان ٢٦.٢م/ث، ويرجع هذا إلى تواجد التيار النفاث دون المداري الغربي عند هذا المستوى.

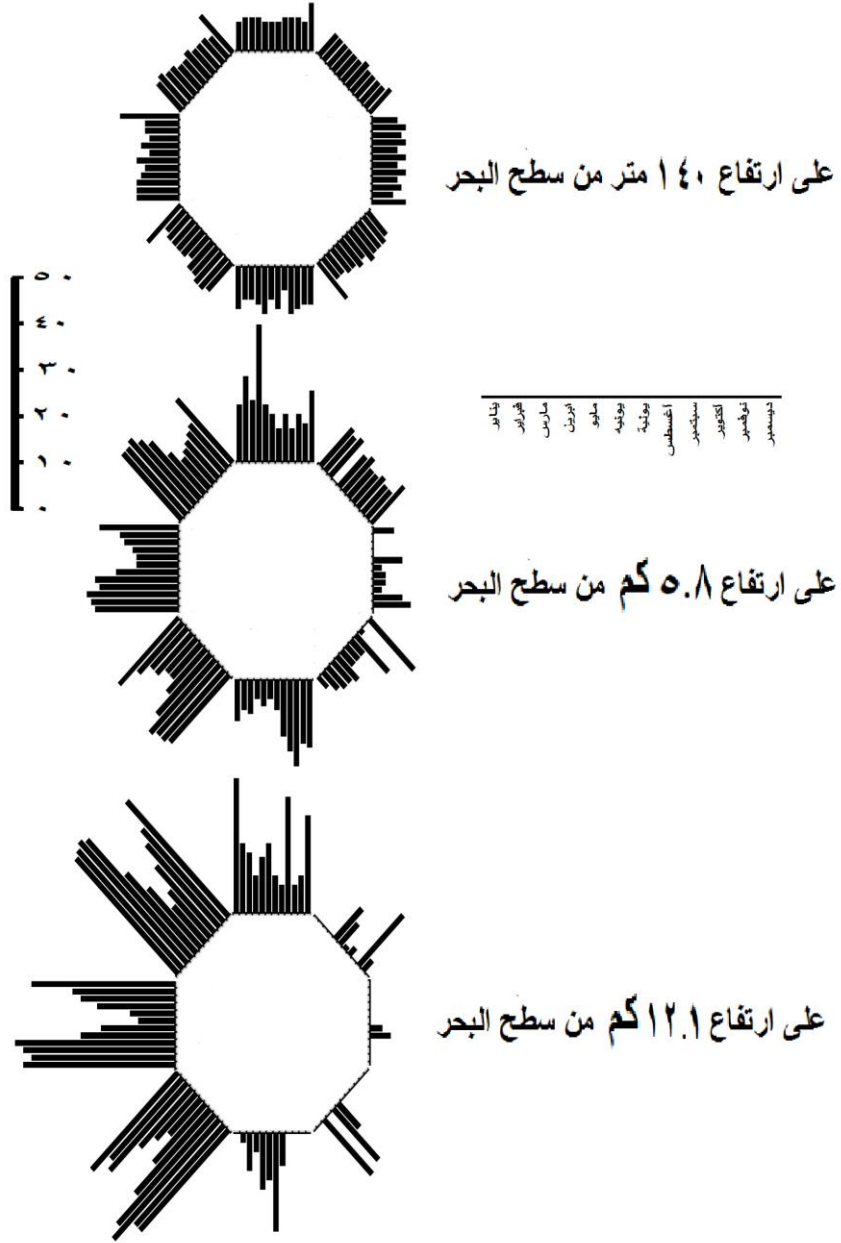
يبدو أن أقل سرعة تسجلها الشرقيات عند كل مستويات الضغوط الجوية في طبقة التروبوسفير (أي أن نسبة وسرعة هذه الرياح تقل في طبقات الجو العليا) حيث يصل متوسطها عند مستوى ضغط جوى ٧٠٠ هكتوباسكال في مرسى مطروح ٥.٧م/ث، وفي حلوان ٥.٨م/ث، وفي أسوان ٥.٥م/ث، تزيد قليلا في وسط طبقة التروبوسفير، حيث نجدها عند مستوى ضغط جوى ٥٠٠ هكتوباسكال في مرسى مطروح ٦.٢م/ث، وفي حلوان ٥.٩م/ث، وفي أسوان ٥.٦م/ث، تزيد أيضا ولكن بنسبة ضئيلة في أعالي التروبوسفير حيث نجدها عند مستوى ضغط جوى ٢٠٠ هكتوباسكال في مرسى مطروح ٧.٤م/ث، وفي حلوان ٦.٠م/ث، وفي أسوان ٨.٣م/ث.

وبصفة عامة تتزايد سرعة الرياح بجميع اتجاهاتها خلال الفترة المعتدلة من العام نظرا لأن معدل تغير السرعة يزداد مع انخفاض درجات الحرارة، حيث نجد أن متوسط سرعة الرياح الغربية - على سبيل المثال خلال الفترة بين (نوفمبر - مارس) عند مستوى ضغط جوى ٧٠٠ هكتوباسكال يصل في مرسى مطروح إلى ١٢.٥م/ث، وفي أسوان ١٠.٦م/ث، كما نجده عند مستوى ضغط جوى ٢٠٠ هكتوباسكال في مرسى مطروح ٣٣.٨م/ث، وفي أسوان ٣٦.٨م/ث، تقل خلال الفترة الحارة من العام (أبريل - أكتوبر) حيث نجدها عند مستوى ضغط جوى ٧٠٠ هكتوباسكال في مرسى مطروح ٨.٤م/ث، وفي أسوان ٨.٥م/ث، كما نجدها عند مستوى ضغط جوى ٢٠٠ هكتوباسكال في مرسى مطروح ٢٠.٣م/ث، وفي أسوان ١٩.١م/ث، ويرجع ذلك إلى ارتفاع درجات الحرارة في نصف الكرة الشمالي ومن ثم ضعف معدل تدرج الضغط الجوى ، من القطب الشمالي نحو المناطق المدارية.

(جدول ٧) معدلات سرعة الرياح العليا في مرسى مطروح تبعا للاتجاه عند مستويات ٧٠٠ ، ٨٥٠ ، ١٠٠٠ هكتوباسكال

الشهر	شمالية	شمالية شرقية	شرقية	جنوبية شرقية	جنوبية	جنوبية غربية	غربية	شمالية غربية
سرعة الرياح عند مستوى ضغط جوى ١٠٠٠ هكتوباسكال								
يناير	٦,٣	٥,٥	٦,٢	٦,٥	٨,٢	٨,٤	٩,٧	٨,٢
فبراير	٧,٣	٥,٨	٨,٢	٧,٩	٨,٣	٩,٣	١٠,١	٨,٧
مارس	٧,٠	٥,٩	٦,٨	٨,٢	٩,٣	٨,٧	١٠,١	٨,٤
أبريل	٦,٨	٦,٢	٨,٠	٨,٢	١٠,٠	٨,٢	٨,٥	٨,٢
مايو	٦,١	٦,٢	٥,٩	٨,٥	٤,٦	٨,٤	٨,٢	٧,٠
يونيه	٥,٦	٥,٧	٧,٥	٦,٩	٩,٢	٦,٤	٩,٧	٧,٢
يوليه	٦,٣	٦,٦	٥,٦	٧,٥	٦,٩	٦,٩	٧,٠	٧,٩
أغسطس	٧,١	٥,٧	٧,٧	٦,٧	٩,٥	٦,٥	٦,٣	٧,١
سبتمبر	٦,٧	٦,١	٥,٧	٦,٧	٧,٨	٦,٧	٦,٧	٦,٩
أكتوبر	٧,٢	٦,٣	٧,١	٦,٣	٦,٩	٧,١	٧,٥	٧,١
نوفمبر	٦,٠	٥,٧	٥,٢	٥,٧	٦,٧	٦,٣	٧,٧	٦,٣
ديسمبر	١٠,٢	٧,٤	٨,٣	١٠,٧	٩,٢	١٠,٥	١٣,٨	١١,٠
سنوي	٦,٩	٦,١	٦,٨	٧,٥	٨,٠	٧,٨	٨,٨	٧,٩
سرعة الرياح عند مستوى ضغط جوى ٨٥٠ هكتوباسكال								
يناير	٦,٨	٦,٢	٦,٢	٥,١	٧,٣	٩,٧	١٠,٦	٩,٢
فبراير	٧,٨	٥,٣	٥,٣	٦,٧	٨,٦	١٠,٢	١١,٣	٩,٦
مارس	٧,٠	٦,٠	٦,٢	٧,٦	٨,٧	١٠,٩	١١,١	١٠,١
أبريل	٦,٧	٥,١	٥,٨	٧,١	٨,٠	١٠,٢	١٠,٨	٩,٠
مايو	٧,٠	٨,٢	٧,٠	٩,٠	٨,٢	٨,٩	٩,٧	٩,٣
يونيه	٧,٧	٨,٢	٦,٨	٩,٦	٧,٣	٩,٣	٧,٣	٨,٦
يوليه	٨,٤	٧,٤	٥,٨	٩,٦	صفر	٩,٣	٨,٨	٩,١
أغسطس	٧,٩	٧,١	٥,٩	٤,٤	٦,٠	٦,٩	٧,٤	٧,٩
سبتمبر	٧,١	٧,٣	٥,٥	٦,٥	٤,٩	٦,٩	٧,٤	٧,٧
أكتوبر	٧,٠	٦,٥	٦,٥	٦,٥	٨,١	٧,٣	٧,٣	٧,٠
نوفمبر	٦,٣	٦,٠	٦,٦	٦,٩	٦,٠	٧,٤	٨,٢	٧,١
ديسمبر	٨,٨	٥,٩	٥,٦	٥,٧	٧,٨	٩,٧	١٠,٩	٩,٢
سنوي	٧,٤	٦,٦	٦,١	٧,١	٧,٥	٨,٩	٩,٢	٨,٦
سرعة الرياح عند مستوى ضغط جوى ٧٠٠ هكتوباسكال								
يناير	١٠,١	٥,٩	٥,٧	٤,٦	٧,٧	١٢,٧	١٢,٤	١١,٧
فبراير	١١,١	٥,٧	صفر	٧,١	١٢,٦	١٢,٣	١٣,٨	١٢,٦
مارس	١٠,١	٥,٣	٢,٦	٣,٧	١٢,٨	١٤,١	١٤,٣	١٢,٨
أبريل	١٠,٧	٦,٥	صفر	٧,٩	٩,٣	١٤,٤	١٣,٧	١٢,٥
مايو	٧,٦	٩,٤	٩,٦	٧,٩	٩,١	١٢,٦	١٣,١	١١,٣
يونيه	١٠,٣	١٠,٣	٧,٨	٩,٤	٧,٨	١٢,٣	١٢,٣	١١,٦
يوليه	٨,٦	٧,٦	صفر	٢,١	٤,٣	٨,٣	٨,٣	٨,٣
أغسطس	٧,٢	٧,٢	٤,٤	٥,٧	٥,٧	٦,٠	٧,٨	٧,٥
سبتمبر	٧,٨	٥,٩	٤,٦	٥,٥	٧,٥	٨,٨	٩,١	٨,٠
أكتوبر	٧,٢	٥,٦	٤,٨	٤,١	٦,٢	٨,٩	٨,٢	٧,٥
نوفمبر	٧,٨	٦,٥	٤,٥	٥,٤	٧,٠	١٠,٧	١٠,٥	٩,١
ديسمبر	١٠,٩	٥,٥	٦,٤	٤,٢	٧,٨	١٣,١	١٢,٠	١١,٦
سنوي	٩,١	٦,٨	٤,٨	٥,٦	٨,١	١١,٢	١١,٣	١٠,٤

من اعداد الباحث : اعتمادا على بيانات هيئة الأرصاد الجوية غير المنشورة للفترة بين عامي ١٩٦٥ : ٢٠١٢ م



(شكل ١٧) معدلات سرعة الرياح العليا في مرسى مطروح (م/ث)

(جدول ٨) معدلات سرعة الرياح العليا في مرسى مطروح تبعا للاتجاه

عند مستويات ٦٠٠ ، ٥٠٠ ، ٤٠٠ هكتوباسكال

الشهر	شمالية	شمالية شرقية	شرقية	جنوبية شرقية	جنوبية	جنوبية غربية	غربية	شمالية غربية
عند مستوى ضغط جوى ٦٠٠ هكتوباسكال								
يناير	٨,٣	٩,٥	٧,٢	٤,٤	١٢,١	١٥,٨	١٥,٤	١٤,٨
فبراير	١١,٣	٨,٦	صفر	صفر	١٦,٨	١٦,٣	١٦,٤	١٥,٨
مارس	١١,٩	٥,٦	صفر	٨,٣	١٣,٣	١٤,٧	١٦,١	١٥,٥
ابريل	١٢,٨	٦,٥	٥,٨	١٢,٦	١١,٣	١٨,٥	١٥,٦	١٤,٩
مايو	١٠,٧	٨,١	٩,١	٢,٨	٧,٢	١٥,٣	١٥,٣	١٣,٧
يونيه	١٠,٤	٧,٤	٨,٢	٣,٧	٦,٢	١٢,٩	١٦,٠	١٢,٠
يوليه	٨,١	٦,٦	١,٩	٣,٦	٥,٣	٧,٩	٩,٢	٨,١
أغسطس	٥,٩	٦,٩	٤,٣	٦,٩	٤,٨	٧,٩	٩,٠	٧,٩
سبتمبر	٧,٤	٦,٤	٢,٢	٤,٦	٣,٠	١٠,٠	٩,٥	٨,٧
أكتوبر	٥,٦	٥,٤	٤,٥	٥,٦	٩,٦	٩,٥	٩,٥	٧,٩
نوفمبر	٧,٢	٦,٩	٦,٨	٧,٢	٥,٠	١٢,٠	١١,٩	١٢,٠
ديسمبر	١١,٣	٦,٠	٢,٣	٢,٣	٩,١	١٤,٨	١٥,٥	١٤,٥
سنوي	٩,٢	٧,٠	٤,٧	٥,٧	٨,٦	١٢,٩	١٣,٣	١٢,٢
عند مستوى ضغط جوى ٥٠٠ هكتوباسكال								
يناير	١٢,٢	١١,٢	٤,٨	١٥,٣	١٧,٥	١٩,٥	١٩,٨	١٩,٨
فبراير	١٧,١	١٠,٠	صفر	صفر	١٧,٤	٢١,٤	٢٠,٧	١٩,٧
مارس	١٢,٥	١٠,٦	صفر	٥,٩	٢٣,١	٢١,٤	٢١,٩	٢٠,٩
ابريل	٢٩,٢	صفر	صفر	١١,٢	١٩,٣	٢٢,٤	١٨,٦	١٩,١
مايو	١١,٦	٨,٩	٧,٠	٣,٧	١٥,٣	١٨,١	١٩,٦	١٧,٤
يونيه	١٠,٤	٦,٥	٢,٣	٣,٧	٧,٩	١٣,٢	١٤,٤	١٢,٤
يوليه	٧,٢	٧,٥	٢,٩	٣,٦	٤,٩	٩,٥	١٠,٣	٩,٣
أغسطس	٦,٩	٨,٢	٣,١	٦,٨	٧,٤	١٠,٤	٩,٦	٩,٨
سبتمبر	٦,٥	٦,٣	٢,٣	٦,٠	٤,٩	١١,٩	١٠,٧	١٠,٥
أكتوبر	٦,٨	٧,٥	٦,٥	٦,٣	٨,٨	١٢,٢	١٢,٥	١١,٢
نوفمبر	٨,٣	٧,٦	٨,٥	٥,١	٧,٩	١٥,٠	١٤,٤	١٣,٢
ديسمبر	١٤,٧	١٠,٦	صفر	٢,٦	١١,٣	١٩,٥	١٨,٩	١٨,٧
سنوي	١٢,٠	٨,٦	٤,١	٥,٩	١٢,١	١٦,٢	١٦,٠	١٥,٢
عند مستوى ضغط جوى ٤٠٠ هكتوباسكال								
يناير	١٤,٨	٥,٦	٢,٩	١٦,٠	٢١,٧	٢٥,٠	٢٤,٩	٢٤,٥
فبراير	٢٣,٢	٢٠,٨	٢,١	٢,٥	٨,٠	٢٤,١	٢٢,٨	٢٢,٦
مارس	١٤,٧	١٤,٣	صفر	صفر	٢٥,٠	٢٦,٩	٢٤,٨	٢٥,٨
ابريل	٥,٥	٧,٨	صفر	١٦,٥	٢١,٤	٢٧,٢	٢٢,٠	٢٣,٩
مايو	١١,٩	١١,٠	٧,٤	٥,٨	١٢,٧	١٨,٤	٢١,٠	١٨,٦
يونيه	١٠,٥	٩,٧	٢,١	٢,٥	١١,٣	١٥,٣	١٦,٧	١٤,٥
يوليه	٦,٨	٩,٥	٤,٥	٣,٧	٦,٣	١٠,٩	١٢,١	١٠,١
أغسطس	٦,٠	٧,٣	٤,٧	٤,٢	١٠,٥	١١,١	١٠,٧	٩,٧
سبتمبر	٨,٢	٧,٣	صفر	٥,١	٨,٤	١٤,٠	١٣,٢	١٣,١
أكتوبر	١١,٠	٨,٧	٥,٤	٦,٦	٥,٩	١٤,٠	١٤,٠	١٢,٠
نوفمبر	١٠,٠	١٢,٠	٣,٤	٩,٥	٨,٢	١٩,٥	١٨,٩	١٧,٢
ديسمبر	١٦,٠	١١,٥	صفر	٤,١	١٣,٤	٢٣,٢	٢٢,٤	٢٢,٢
سنوي	١١,٦	١٠,٥	٣,٥	٧,١	١٢,٧	١٩,١	١٨,٦	١٧,٩

من اعداد الباحث : اعتمادا على بيانات هيئة الأرصاد الجوية غير المنطوية للفترة بين عامي ١٩٦٥ - ٢٠١٢

(جدول ٩) معدلات سرعة الرياح العليا في مرسى مطروح تبعا للاتجاه عند مستويات ٣٠٠ ، ٢٠٠ ، ١٠٠ هكتوباسكال

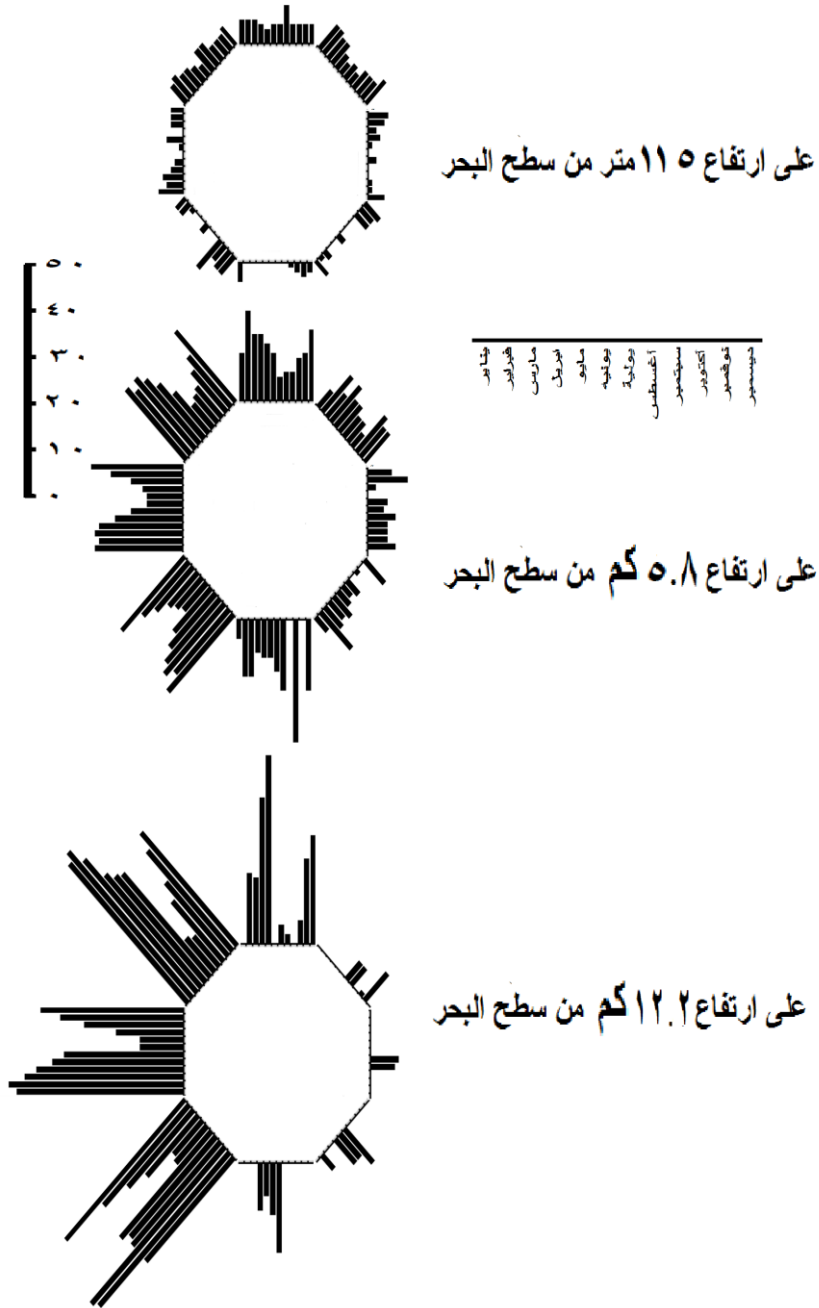
الشهر	شمالية	شمالية شرقية	شرقية	جنوبية شرقية	جنوبية	جنوبية غربية	غربية	شمالية غربية
عند مستوى ضغط جوى ٣٠٠ هكتوباسكال								
يناير	٢٧,١	صفر	صفر	١,٧	٢٠,٨	٣٢,١	٣١,٥	٣٢,٤
فبراير	٢٨,٩	٨,٧	صفر	صفر	١٨,١	٢٨,٦	٢٩,٩	٢٨,٠
مارس	٢١,٧	٧,٩	صفر	صفر	١٥,٢	٣٠,١	٣٠,٠	٢٨,٧
ابريل	٣٣,٧	صفر	صفر	٩,٧	٩,٧	٣١,٩	٣٠,٩	٣٠,٩
مايو	١٩,٣	١٠,٨	٧,٢	٥,٦	٢١,١	٢٤,٣	٢٥,٨	٢٣,٣
يونيه	٩,٤	٥,٩	٤,٢	صفر	١٠,١	١٧,٤	١٧,٩	١٧,٠
يوليه	٦,١	٥,٢	صفر	٤,٣	٩,١	١١,٥	١٢,٣	١١,٥
اغسطس	٥,٥	٧,٦	٤,٢	٦,٦	٨,٩	١٢,٤	١٢,٣	١٢,٠
سبتمبر	٧,١	٢,٠	٣,١	٢,٤	صفر	١٦,٧	١٥,٦	١٧,٧
اكتوبر	١٣,٢	١٠,٨	٢,٢	٧,٥	١٤,٧	٢٢,١	١٩,٧	٢٠,٤
نوفمبر	١٢,٠	١٣,٩	١٢,٧	٥,٠	٢٢,٧	٢٣,٣	٢٣,٩	٢٠,٨
ديسمبر	١٨,٧	صفر	صفر	صفر	صفر	٢٩,٥	٢٨,٤	٢٨,٣
سنوي	١٦,٩	٨,١	٥,٦	٤,٨	١٥,٠	٢٣,٣	٢٣,٣	٢٢,٦
عند مستوى ضغط جوى ٢٠٠ هكتوباسكال								
يناير	٢٨,٥	صفر	صفر	صفر	صفر	٣١,١	٣٧,٢	٣٥,٠
فبراير	١٥,٠	صفر	صفر	صفر	صفر	٣٠,٩	٣٥,٣	٣٦,٣
مارس	١٣,٢	صفر	صفر	صفر	صفر	٣٦,٥	٣٦,٧	٣٧,٠
ابريل	٧,٥	صفر	صفر	صفر	صفر	٣٤,٢	٣٨,٨	٣٥,٦
مايو	١٢,٤	٩,٣	صفر	صفر	٧,١	٢٥,٧	٢٣,٠	٢٤,٠
يونيه	١٤,٦	٥,٩	صفر	صفر	٢٠,٦	١٧,٩	١٨,٢	١٧,٩
يوليه	٨,١	٠,٩	٣,٠	٧,٣	٩,٥	١١,٤	٨,٩	١٠,٦
اغسطس	٥,٧	١,٧	٤,٤	١٤,٦	١١,٧	١٤,٢	١١,٢	١٤,١
سبتمبر	٢٤,٣	صفر	صفر	صفر	٤,٠	١٨,٣	١٨,٥	١٩,٥
اكتوبر	٥,٨	١٥,١	صفر	١٥,٧	٨,٠	٢٧,١	٢٣,٢	٢٥,٣
نوفمبر	٧,٩	٣,٠	صفر	صفر	١,٨	٢٥,٢	٢٥,٢	٢٧,٧
ديسمبر	٢١,٢	صفر	صفر	صفر	صفر	٣٠,٠	٣٤,٨	٣٤,٦
سنوي	١٣,٧	٦,٠	٣,٦	١٢,٥	٨,٩	٢٥,٢	٢٥,٩	٢٦,٥
عند مستوى ضغط جوى ١٠٠ هكتوباسكال								
يناير	صفر	صفر	صفر	صفر	صفر	٢٢,١	٣٢,٦	٣٠,٩
فبراير	صفر	صفر	صفر	صفر	صفر	١٨,٤	٢٢,٤	٢٠,٥
مارس	١٠,٦	صفر	صفر	صفر	صفر	٢٦,٨	٢٤,٦	٢٦,٠
ابريل	صفر	صفر	صفر	صفر	صفر	٢٢,٤	١٩,٩	١٨,٣
مايو	٦,٩	صفر	٦,٥	صفر	٧,١	١٦,٠	١٦,٩	١٧,٩
يونيه	صفر	١٣,٠	٩,٢	٧,٥	١١,٨	١٥,٣	١٨,٨	١٥,٢
يوليه	١,٨	٥,٢	١,١	١٤,٩	١٥,٤	١٥,٤	١٣,٤	١٦,٦
اغسطس	٣,١	صفر	١٤,٥	٥,٧	٢٠,٥	١٨,٦	١٥,٨	١٦,٢
سبتمبر	صفر	٢,٤	١,٤	٢,٦	٥,٨	٨,٨	٦,٤	٨,٠
اكتوبر	صفر	صفر	صفر	صفر	٢,١	١٣,٨	١٣,٨	١٤,١
نوفمبر	١٧,٣	٢,٥	صفر	صفر	٥,٣	١٧,٠	١٧,٤	١٦,٨
ديسمبر	صفر	صفر	صفر	صفر	صفر	٢٣,٢	٢٤,٢	٢٣,٥
سنوي	٧,٩	٥,٨	٦,٥	٧,٧	٩,٧	١٨,٢	١٨,٩	١٨,٤

بن اعداد الباحث : اعتمادا على بيانات هيئة الأرصاد الجوية غير المنضرة للفترة بين عامي ١٩٦٥ : ٢٠١٢م

(جدول ١٠) معدلات سرعة الرياح العليا في حوان تبعاً للاتجاه
عند مستويات ١٠٠٠ ، ٨٥٠ ، ٧٠٠ هكتوباسكال

الشهر	شمالية	شمالية شرقية	شرقية	جنوبية شرقية	جنوبية	جنوبية غربية	غربية	شمالية غربية
عند مستوى ضغط جوى ١٠٠٠ هكتوباسكال								
يناير	٤,٨	٦,٦	٤,٨	٤,٥	٢,٣	٥,١	٥,٥	٥,١
فبراير	٥,١	٧,١	٤,٣	٤,٢	٣,١	٤,٨	٤,١	٥,٦
مارس	٥,٠	٦,٣	٢,٢	٤,٠	٢,١	٣,٥	٤,٥	٥,٤
أبريل	٤,٤	٦,٤	٢,٨	صفر	١,٢	٧,٩	٢,٦	٥,٢
مايو	٣,٣	٤,٤	١,٠	صفر	صفر	صفر	١,٩	٣,٤
يونيه	٣,٥	٣,٠	صفر	صفر	صفر	صفر	صفر	٣,٢
يوليه	٤,٢	٣,٧	١,٩	٢,٣	صفر	٢,٢	٠,٩	٦,١
أغسطس	٧,٩	٣,٤	صفر	صفر	صفر	صفر	٤,٤	٦,١
سبتمبر	٤,٠	٥,٤	صفر	صفر	صفر	صفر	صفر	٤,٤
أكتوبر	٣,٧	٥,٢	١,٣	١,٧	صفر	١,٣	٢,٦	٣,٨
نوفمبر	٣,٩	٥,٣	٠,٨	١,٠	صفر	٣,٠	٢,٧	٣,٩
ديسمبر	٤,٣	٦,٧	٤,١	٤,٢	٤,١	٣,٠	٢,٨	٤,٨
سنوي	٤,٥	٥,٣	٢,٦	٣,١	٢,٦	٣,٩	٣,٢	٤,٧
عند مستوى ضغط جوى ٨٥٠ هكتوباسكال								
يناير	٦,٦	٦,٥	٤,٩	٦,٩	٧,٢	٩,٧	٩,٥	٨,٢
فبراير	٦,٥	٦,٢	٣,٧	٣,٦	٦,٩	١١,٢	١٠,٠	٨,٥
مارس	٦,٤	٧,١	٦,١	٥,١	٨,٧	١٠,٣	١٠,٣	٨,٤
أبريل	٦,٤	٦,١	٦,٤	٥,١	٦,٦	١١,١	٩,٥	٨,٠
مايو	٨,٢	٧,٦	٧,٩	٥,٩	٦,٨	٩,٠	٨,٧	٨,٢
يونيه	٧,٨	٧,٧	٣,٤	٤,٠	١٠,٥	٧,٠	٧,٢	٨,٠
يوليه	٦,٩	٧,١	٥,٠	٤,٧	٣,٣	٥,٣	٧,١	٦,٩
أغسطس	٦,٩	٦,١	٣,٩	٥,٥	٣,٩	٥,١	٥,٨	٦,١
سبتمبر	٩,٤	٨,٩	٧,٧	٤,٥	٦,٤	٧,٠	٨,٤	٩,٤
أكتوبر	٥,٧	٦,٢	٤,٨	٤,١	٥,٠	٥,٩	٦,٢	٥,٧
نوفمبر	٥,٢	٦,٩	٤,٩	٤,٢	٤,٧	٧,٢	٧,٢	٦,٢
ديسمبر	٧,٥	٧,٠	٥,٥	٤,٤	٧,٦	٩,٦	٩,٤	٨,٣
سنوي	٧,٠	٧,٠	٥,٤	٤,٨	٦,٥	٨,٢	٨,٣	٧,٧
عند مستوى ضغط جوى ٧٠٠ هكتوباسكال								
يناير	٩,٢	٦,٥	٦,٠	٩,٥	١١,٦	١٣,٣	١٣,١	١٢,١
فبراير	٧,١	٤,٥	٤,٤	٤,٦	٣,٢	١٣,٨	١٣,٧	١٢,٨
مارس	٨,٨	٨,٩	٦,٨	٥,٤	٨,١	١٤,٦	١٥,٤	١٣,٦
أبريل	١١,٤	٧,٨	٤,٧	٥,٠	٧,٠	١٣,٤	١٥,٥	١٣,٠
مايو	٨,٢	٨,٢	٦,٠	٤,٤	١٢,٤	١٢,٤	١٢,١	١٠,٨
يونيه	١٠,٢	٨,٦	٢,٣	٦,٠	٧,٩	٩,٩	١٠,٢	٩,٥
يوليه	٥,٦	٥,٩	٦,٤	٥,٤	٨,٢	٧,٢	٦,٧	٦,٧
أغسطس	٥,٣	٥,٧	٤,٠	٥,٩	٥,١	٦,٢	٥,١	٥,٥
سبتمبر	٧,٣	٥,٩	٣,٠	٦,٢	٥,٩	٧,٨	٧,٦	٧,٣
أكتوبر	٦,٦	٥,٥	٤,١	٤,٥	٩,٧	٩,٧	٨,٥	٨,٥
نوفمبر	٧,١	٧,٤	٥,٧	٥,١	٦,٩	٩,٨	١٠,٨	٨,٧
ديسمبر	١٠,٥	٩,٨	٤,٤	٢,٦	٨,٠	١٤,١	١٣,٦	١٢,٨
سنوي	٨,١	٧,١	٤,٨	٥,٤	٧,٨	١١,٠	١١,٠	١٠,١

بن اعداد الباحث : اعتمادا على بيانات هيئة الأرصاد الجوية غير المنشورة للفترة بين عامي ١٩٦٥ ، ٢٠١٢



(شكل ١٨) معدلات سرعة الرياح العليا في حلوان (م/ث)

(جدول ١١) معدلات سرعة الرياح العليا في حوان تبعاً للاتجاه
عند مستويات ٦٠٠ ، ٥٠٠ ، ٤٠٠ هكتوباسكال

الشهر	شمالية	شمالية شرقية	شرقية	جنوبية شرقية	جنوبية	جنوبية غربية	غربية	شمالية غربية
عند مستوى ضغط جوى ٦٠٠ هكتوباسكال								
يناير	١٣,٠	٩,٧	٤,٠	١٠,٩	١٣,٩	١٨,٥	١٧,٣	١٦,٨
فبراير	١٢,٥	٧,٦	٩,٤	صفر	١٥,٨	١٧,٧	١٦,٧	١٦,٥
مارس	١٣,٠	٨,٤	صفر	٧,٤	١٤,١	١٧,٩	١٨,٤	١٧,٧
ابريل	١٠,٩	٧,١	١,٦	٣,٣	١٠,٧	١٦,٨	١٧,٥	١٥,٦
مايو	٩,٠	٧,٥	٨,٧	٥,٠	٦,٩	١٥,١	١٤,١	١٣,١
يونيه	١٠,٧	٦,٤	٣,٢	٨,٥	صفر	١٠,٤	١١,١	١٠,٢
يوليه	٥,٥	٦,٧	٥,٥	٤,٣	٧,٤	٧,٧	٦,٩	٦,٧
أغسطس	٥,٦	٥,٤	٤,٨	٥,٧	٦,٩	٧,٧	٦,٥	٦,٥
سبتمبر	٦,٩	٤,٤	٥,٥	٦,٣	٦,٥	٨,٧	٨,٥	٨,٠
أكتوبر	٦,٧	٤,٤	٢,٧	٤,٢	١٠,٦	٩,٨	٩,٤	٨,٨
نوفمبر	٧,٨	٦,٩	٦,٢	٦,٥	٦,٨	١١,١	١٤,٠	١٠,٨
ديسمبر	١١,١	٩,٥	٢,٨	١,٨	٥,٨	١٧,٠	١٧,٧	١٦,٠
سنوي	٩,٤	٧,٠	٤,٩	٥,٨	٩,٦	١٣,٢	١٣,٢	١٢,٢
عند مستوى ضغط جوى ٥٠٠ هكتوباسكال								
يناير	٩,٥	٤,٦	٥,٨	٦,٨	١٤,٥	٢٣,١	٢١,٧	٢١,٤
فبراير	١٨,٨	١١,٣	٩,٧	صفر	صفر	١٩,٣	٢٠,٦	١٩,٠
مارس	١٤,٢	٦,٧	١,٩	٥,٧	٢٦,٢	٢٠,٧	٢٢,٠	٢٠,٩
ابريل	١٤,٠	١١,٠	صفر	صفر	صفر	١٨,٥	٢٠,٥	١٨,٧
مايو	١٢,٠	٧,٥	٤,٥	٣,٦	١٤,٩	١٦,٣	١٦,٩	١٥,٦
يونيه	٩,٨	٧,٨	٣,٥	٢,٨	١١,١	١٢,٥	١٣,١	١٢,٠
يوليه	٥,٢	٥,٧	٧,٣	٤,٣	٧,٨	٨,٠	٨,٧	٧,٣
أغسطس	٥,٨	٦,٢	٥,٢	٥,٨	٧,٥	٨,٦	٨,٨	٧,٩
سبتمبر	٦,٤	٣,٨	٤,٨	٤,٦	٦,٨	١٠,٤	٩,٩	٩,٣
أكتوبر	٩,٢	١٠,٥	٤,٥	٦,١	١١,٧	١٣,٠	١٣,٢	١٢,٤
نوفمبر	١٠,٣	٩,٢	٦,٥	١٠,٨	١٢,٢	١٦,٠	١٧,٩	١٤,٩
ديسمبر	١٥,٠	٩,١	صفر	٤,٠	٤,١	٢١,٦	٢٢,٦	٢٠,٩
سنوي	١٠,٩	٧,٨	٥,٤	٤,٥	١١,٦	١٥,٧	١٦,٣	١٥,٠
عند مستوى ضغط جوى ٤٠٠ هكتوباسكال								
يناير	٢٣,٨	٩,٥	٨,٨	٣,٧	٢٤,٩	٣٠,٢	٣٢,٦	٢٩,٦
فبراير	١٦,٧	٢١,٩	صفر	١٧,٢	صفر	٢٨,٣	٢٦,٩	٢٦,٢
مارس	٢٣,٢	١٨,٣	١٠,٤	صفر	صفر	٢٩,٥	٣١,٤	٢٩,٧
ابريل	١٨,٠	١٦,٢	صفر	صفر	صفر	٢٠,٨	٢٥,٣	٢٣,٣
مايو	١٥,٨	٧,٨	٣,٥	٤,٤	٨,٢	٢٠,٧	٢١,٠	٢٠,٤
يونيه	١٠,١	٨,٠	صفر	٩,٤	٥,٧	١٧,٠	١٥,٦	١٥,٣
يوليه	٩,٥	٦,٢	٤,٩	٤,٩	٦,٢	٩,٥	٩,٢	٧,٩
أغسطس	٥,٢	٥,٣	٩,٠	٥,٥	٦,٥	٩,١	١٠,٥	٨,٢
سبتمبر	١١,٧	٤,٦	١,١	٦,٢	٩,٥	١٢,٩	١٥,١	١٤,٨
أكتوبر	١٢,٦	٦,٧	٣,٢	٨,٢	١٩,٦	١٨,٤	١٨,٥	١٧,٨
نوفمبر	١١,٠	١٢,٧	٦,٢	١٠,٥	١٢,٧	١٨,٠	٢١,٠	١٨,٣
ديسمبر	١٨,٠	١٧,٣	صفر	صفر	صفر	٣٠,٤	٢٥,٨	٢٤,٨
سنوي	١٤,٦	١١,٢	٥,٩	٧,٧	١١,٧	٢٠,٤	٢١,١	١٩,٧

بن اعداد الباحث : اعتماداً على بيانات هيئة الأرصاد الجوية غير المنشورة للفترة بين عامي ١٩٦٥ - ٢٠١٢م

سرعة رياح التروبوسفير في مصر وتغيراتها الرأسية د. ياسر أحمد السيد السيد

(جدول ١٢) معدلات سرعة الرياح العليا في حلوان تبعا للاتجاه
عند مستويات ٣٠٠ ، ٢٠٠ ، ١٠٠ هكتوباسكال

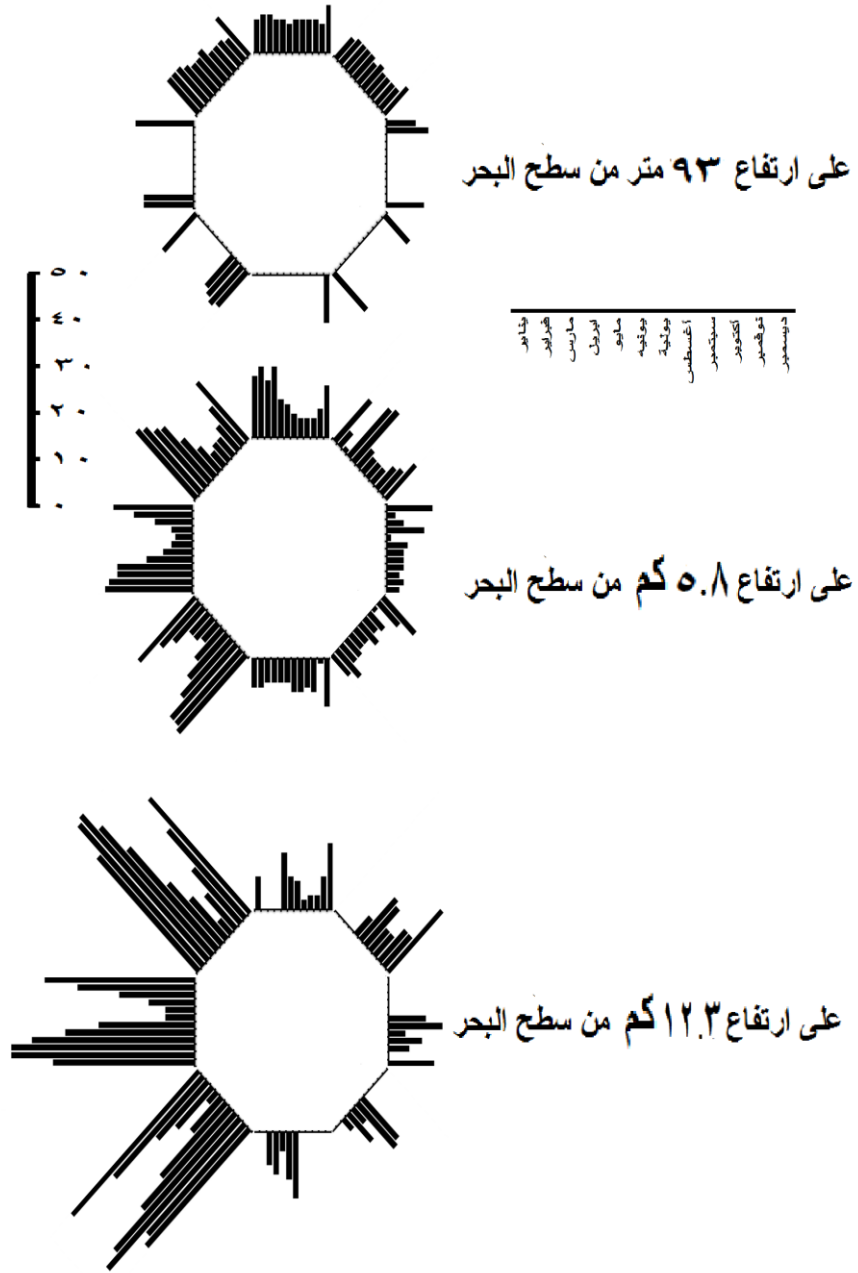
الشهر	شمالية	شمالية شرقية	شرقية	جنوبية شرقية	جنوبية	جنوبية غربية	غربية	شمالية غربية
عند مستوى ضغط جوى ٣٠٠ هكتوباسكال								
يناير	٢١,٨	صفر	٨,٢	٤,٤	٣,٠	٣٦,٧	٣٣,٧	٣١,٩
فبراير	١٥,٧	صفر	صفر	صفر	صفر	٣٢,٦	٣٥,٣	٣٧,٠
مارس	٢٨,١	١٣,٤	٢٢,١	صفر	صفر	٣١,٠	٣٠,٩	٣٢,٢
أبريل	٢٤,٩	٢٧,٧	صفر	صفر	٤,٤	٢٦,٥	٢٩,٩	٢٨,٦
مايو	٢٢,٨	١٥,٢	١,٧	صفر	٤,٣	٢٧,١	٢٥,٢	٢٥,٥
يونيه	١٥,٢	١,٦	٥,٣	٦,١	٧,٤	٢٠,٤	١٧,٢	١٧,٢
يوليه	٣,٧	٦,٢	٣,٩	٥,٣	٧,٠	١٠,٥	١٠,٨	٨,٨
أغسطس	٦,٧	٥,٨	٥,٧	٦,٠	٧,٥	١٠,٢	١٢,٠	٩,٩
سبتمبر	١٢,٠	٦,٩	٤,٤	٧,٨	٦,٠	١٨,٨	١٧,٢	١٧,٢
أكتوبر	٢٠,٠	٣,١	صفر	١١,٨	١١,١	٢٢,٨	٢٢,٠	٢٢,١
نوفمبر	١٥,٤	١٧,٠	٨,٠	١٨,٩	٦,٩	٢٦,٦	٢٧,١	٢٤,١
ديسمبر	٢٦,٣	١٤,٩	صفر	صفر	صفر	٣٣,٤	٣٢,١	٣١,١
سنوي	١٧,٣	١١,٢	٧,٤	٨,٦	٦,٤	٢٤,٧	٢٤,٥	٢٣,٨
عند مستوى ضغط جوى ٢٠٠ هكتوباسكال								
يناير	صفر	صفر	صفر	صفر	صفر	٣٠,٣	٤١,٩	٤١,٨
فبراير	١٥,٢	صفر	صفر	صفر	صفر	٤٥,٩	٤٣,٣	٤٣,٧
مارس	١٣,٩	صفر	صفر	صفر	صفر	٤٧,٠	٤٠,٠	٣٩,٨
أبريل	٣١,٢	صفر	صفر	صفر	صفر	٣١,٠	٣٦,٩	٣٣,٣
مايو	٣٩,٨	صفر	صفر	صفر	صفر	٢٩,٤	٣٢,٦	٣١,١
يونيه	صفر	صفر	صفر	١٠,٢	١٨,٦	٣١,٩	٣٠,١	٣٠,٩
يوليه	٤,٠	٥,٠	٦,٨	٧,٣	١١,١	١١,١	١١,١	٩,٦
أغسطس	١,٦	٤,٨	٦,٢	٦,٩	٧,٦	١٠,٠	١٠,٧	٩,٤
سبتمبر	صفر	صفر	صفر	صفر	٩,٧	١٧,٨	١٦,٥	١٧,٦
أكتوبر	٥,٣	٠,٥	صفر	صفر	صفر	٢٣,٠	٢٤,٤	٢٢,٤
نوفمبر	١٧,٥	٧,٥	صفر	٣,٥	صفر	٣٠,٤	٣١,٤	٢٩,٩
ديسمبر	٢٣,٣	صفر	صفر	صفر	صفر	٤١,٦	٣٥,٨	٣٤,١
سنوي	١٥,٢	٤,٥	٦,٥	٧,٠	١١,٨	٢٩,١	٢٩,٦	٢٨,٦
عند مستوى ضغط جوى ١٠٠ هكتوباسكال								
يناير	صفر	صفر	صفر	صفر	صفر	٣٥,٩	٣٤,٦	٣٤,٦
فبراير	١٢,٥	صفر	صفر	١٤,٤	صفر	٢٧,٨	٣٧,٣	٣٥,٦
مارس	صفر	صفر	صفر	صفر	صفر	٢٧,٧	٢٨,٠	٣١,١
أبريل	٣٤,٨	٧,٧	صفر	١٤,٩	صفر	٢٥,٣	٢٨,٤	٣٠,٤
مايو	١١,٦	٨,١	٧,٦	٢٠,٧	٥,٧	٣١,٠	٣٢,٠	٣٢,١
يونيه	٨,٣	صفر	١٤,١	٨,٩	٧,٨	١١,٦	١٢,٦	١١,١
يوليه	٣,٣	٤,٣	٨,٢	١٠,٣	١١,٦	١١,٢	٩,٧	٩,٨
أغسطس	٢,١	٢,٩	٧,٣	٦,٩	٨,٢	٧,٩	٦,٠	٧,٤
سبتمبر	٧,٤	٤,٦	٣,٦	١٠,٠	٨,٤	٩,٧	١٠,٥	٩,٥
أكتوبر	٤,١	١١,٨	٥,٦	٣,١	١٠,٥	١٥,٦	١٥,٦	١٤,١
نوفمبر	١١,٣	صفر	صفر	صفر	٣,٩	٢٢,٨	٢٢,١	٢١,٦
ديسمبر	١٦,٤	صفر	صفر	٣,٢	صفر	٣٨,٤	٣١,٩	٣٢,١
سنوي	١١,٢	٦,٦	٧,٨	١٠,٣	٨,١	٢٢,١	٢٢,٤	٢٢,٥

من اعداد الياحت : اعتمادا على بيانات هيئة الارصاد الجوية غير المنشورة للفترة بين عامي ١٩٦٥ - ٢٠١٢ م

(جدول ١٣) معدلات سرعة الرياح العليا في أسوان تبعا للاتجاه
عند مستويات ٧٠٠ ، ٨٥٠ ، ١٠٠٠ هكتوباسكال

الشهر	شمالية	شمالية شرقية	شرقية	جنوبية شرقية	جنوبية	جنوبية غربية	غربية	شمالية غربية
عند مستوى ضغط جوى ١٠٠٠ هكتوباسكال								
يناير	٧,٤	٦,٤	٧,٤	٧,٧	٩,٦	٩,٩	١١,٦	٩,٦
فبراير	٨,٣	٦,٩	٩,٥	صفر	صفر	١٠,٧	١١,٨	١٠,١
مارس	٨,٠	٦,٧	صفر	صفر	صفر	٩,٨	صفر	٩,٥
أبريل	٧,٤	٦,٨	صفر	صفر	صفر	٩,٠	صفر	٩,٠
مايو	٦,٩	٦,٩	صفر	صفر	صفر	صفر	صفر	٧,٩
يونيه	٦,٣	٦,٣	صفر	صفر	صفر	صفر	صفر	٨,٢
يوليه	٦,٨	٧,٠	صفر	صفر	صفر	صفر	صفر	٨,٥
أغسطس	٧,٣	٥,٩	صفر	صفر	صفر	صفر	صفر	٧,٣
سبتمبر	٧,٠	٦,٤	صفر	صفر	صفر	صفر	صفر	٧,٢
أكتوبر	٧,٢	٦,٣	صفر	٦,٢	صفر	صفر	صفر	٧,١
نوفمبر	٦,٠	٥,٨	صفر	صفر	صفر	صفر	صفر	٦,٣
ديسمبر	١٠,٤	٧,٧	٨,٧	١١,٣	صفر	١١,٠	١٤,٣	١١,٣
سنوي	٧,٤	٦,٦	٨,٥	٨,٤	٩,٦	١٠,١	١٢,٦	٨,٥
عند مستوى ضغط جوى ٨٥٠ هكتوباسكال								
يناير	٦,٧	٦,١	٥,٨	٥,٨	٤,٧	٥,٨	٦,٩	٦,١
فبراير	٦,١	٥,٨	٨,٩	٥,٣	٥,٦	٦,٩	٦,٧	٥,٨
مارس	٧,٠	٦,٥	٧,٩	٥,٩	٤,٧	٧,٠	٧,٠	٦,٨
أبريل	٧,٠	٦,٢	٦,٥	٧,٠	٤,٩	٦,٦	٥,٧	٦,٢
مايو	٧,١	٦,٩	٥,٤	٥,٤	٥,٢	٤,٨	٦,٣	٦,٩
يونيه	٧,٤	٦,٧	٥,٤	٤,٤	٤,٤	٤,٢	٤,٦	٤,٤
يوليه	٦,٩	٥,٢	٣,٢	٤,٩	٣,٨	٥,٥	٦,٠	٦,٣
أغسطس	٧,٣	٥,٧	٣,٢	٤,٤	٤,٤	٥,٢	٥,٧	٦,٢
سبتمبر	٦,٩	٤,٨	٤,٤	٤,١	٣,٨	٤,٦	٥,٧	٥,٥
أكتوبر	٥,٥	٥,٧	٥,٣	٤,٧	٣,٢	٤,١	٤,٨	٥,٤
نوفمبر	٥,٧	٦,٣	٥,١	٣,٧	٤,٥	٤,٥	٥,٥	٥,٥
ديسمبر	٧,١	٦,٩	٦,٠	٥,٠	٤,٢	٦,٠	٦,٦	٦,٣
سنوي	٦,٧	٦,١	٥,٦	٥,١	٤,٥	٥,٤	٦,٠	٦,١
عند مستوى ضغط جوى ٧٠٠ هكتوباسكال								
يناير	٩,٦	٥,٠	٩,٥	٥,٧	٧,٨	١١,٨	١١,٨	١٠,٤
فبراير	٦,٥	٥,٦	٤,٠	٤,٢	٤,٨	١٠,٨	١٢,٣	٩,٧
مارس	٦,٩	٦,٣	٥,٥	٥,١	٥,٣	١٢,٩	١٢,١	١٠,٠
أبريل	٧,٧	٨,٢	٨,٠	٦,١	٥,٨	١١,٧	١٢,٢	٩,٨
مايو	٧,٩	٧,٠	٥,٩	٥,١	٥,١	١٠,٦	٨,٩	٨,٦
يونيه	٦,٩	٦,٧	٥,٧	٤,٣	٥,٩	٧,٣	٧,٨	٧,١
يوليه	٣,١	٤,٢	٣,٤	٥,٢	٤,٤	٦,٥	٧,١	٥,٧
أغسطس	٦,٦	٣,٤	٣,٦	٤,١	٦,٣	٧,١	٧,٨	٥,١
سبتمبر	٦,٢	٦,٠	٥,٠	٦,٣	٧,٢	٩,٧	٦,٤	٩,٧
أكتوبر	٣,٦	٥,٠	٤,٨	٤,٥	٥,٢	٦,٥	٦,٧	٥,٤
نوفمبر	٥,٦	٥,٦	٥,٦	٤,٤	٨,٨	٧,٠	٦,٠	٦,٦
ديسمبر	٨,٢	٧,١	٦,١	٥,٩	٥,٩	١٠,٣	٩,٥	٩,٣
سنوي	٦,٦	٥,٨	٥,٦	٥,١	٦,٠	٩,١	٩,٤	٨,١

من اعداد الباحث : اعتمادا على بيانات هيئة الأرصاد الجوية غير المنشورة للفترة بين عامي ١٩٦٥ ، ٢٠١٢ م



(شكل ١٩) معدلات سرعة الرياح العليا في أسوان (م / ث)

(جدول ١٤) معدلات سرعة الرياح العليا في أسوان تبعا للاتجاه
عند مستويات ٦٠٠ ، ٥٠٠ ، ٤٠٠ هكتوباسكال

الشهر	شمالية	شمالية شرقية	شرقية	جنوبية شرقية	جنوبية	جنوبية غربية	غربية	شمالية غربية
عند مستوى ضغط جوى ٦٠٠ هكتوباسكال								
يناير	٨,٣	٥,٧	١٣,٩	٤,٨	٨,٣	١٧,١	١٥,٧	١٤,١
فبراير	١٠,٩	٤,٤	صفر	٥,٢	٦,١	١٧,٩	١٤,٠	١٣,٥
مارس	٧,٤	٤,٤	٣,٥	٥,٣	٢,١	١٤,٨	١٤,٧	١٢,٨
أبريل	١٤,٥	١١,٢	٥,٧	٥,٤	٣,٧	١٤,٠	١٤,٢	١٢,٢
مايو	٩,٨	٨,٨	٥,٥	٤,٤	١٦,٢	٨,٩	١٢,٨	١١,٤
يونيه	٥,٤	٧,٨	٥,٧	٦,١	٧,١	٨,٥	٧,١	٧,٦
يوليه	٢,٨	٣,٧	٥,٤	٤,٣	٥,٧	٦,٢	٥,٠	٥,٢
أغسطس	٣,١	٤,٠	٢,٦	٤,٨	٥,٨	٧,٣	٥,٨	٦,٠
سبتمبر	٢,٩	٣,٥	٣,٢	٣,٨	٥,٤	٦,٢	٥,٢	٥,٤
أكتوبر	٣,٩	٤,١	٥,٠	٥,١	٥,٩	٨,٤	٧,٨	٦,٧
نوفمبر	٥,٨	٥,٢	٣,٢	٣,٩	٤,٤	٨,٨	٩,٣	٧,٦
ديسمبر	١٠,٦	٧,٨	٧,٥	٨,٣	٦,٠	١٥,٨	١٤,٥	١٣,٣
سنوي	٧,١	٥,٩	٥,١	٥,١	٦,٤	١١,٢	١٠,٥	٩,٧
عند مستوى ضغط جوى ٥٠٠ هكتوباسكال								
يناير	١٣,٤	١١,٨	١١,٢	١٠,٧	٩,٧	٢٣,٣	٢٠,٨	١٩,٧
فبراير	١٤,٩	٣,٦	١,٦	٧,٢	١,٠	٢٢,٣	١٩,٦	١٩,٠
مارس	١٢,٢	١,٠	٣,٧	١,٤	٧,٤	٢١,٦	١٨,٠	١٧,٠
أبريل	١٥,٠	١٤,٢	٨,٩	٥,٠	٥,٧	١٧,٠	١٨,١	١٦,٣
مايو	٨,١	١٤,٨	١,٢	٤,٤	٦,٨	١٢,٨	١٠,٥	١١,١
يونيه	٦,٩	٥,٠	٤,٥	٥,٦	٦,٥	٩,١	٧,٢	٧,٢
يوليه	٥,٠	٣,٧	٤,١	٤,٤	٥,٠	٥,١	٤,٧	٤,٣
أغسطس	٤,٤	٤,٤	٤,١	٤,٤	٤,٧	٥,٥	٤,٤	٤,٦
سبتمبر	٤,٠	٣,٩	٣,٦	٤,٥	٥,٢	٥,٨	٤,٧	٥,٠
أكتوبر	٤,٤	٦,٠	٢,٩	٤,٥	٤,٥	٩,٦	٩,٣	٧,٣
نوفمبر	٦,٤	٦,٦	٣,٦	٧,٥	٦,٠	١٣,٢	١٤,٤	١١,٣
ديسمبر	١١,٠	٩,٥	٣,١	٦,٣	٦,٠	١٩,٢	١٨,٧	١٧,٠
سنوي	٨,٨	٧,٠	٤,٤	٥,٥	٥,٧	١٣,٧	١٢,٥	١١,٧
عند مستوى ضغط جوى ٤٠٠ هكتوباسكال								
يناير	١٩,٩	١٣,١	صفر	صفر	٥,٥	٢٨,١	٢٦,٢	٢٥,٦
فبراير	٣,٠	٥,٧	صفر	٢,٢	٥,٠	٣٠,٢	٢٦,١	٢٦,١
مارس	٤,٦	صفر	صفر	١,٤	صفر	٢٧,٤	٢٤,٠	٢٣,٨
أبريل	١٤,٧	٩,٨	صفر	٥,٤	٤,٩	٢٤,٠	٢٢,٥	٢١,٣
مايو	٩,٢	١٠,٠	٣,٢	٩,٧	١١,١	١٧,١	١٧,٠	١٥,٦
يونيه	٥,٢	٧,٢	٥,١	٤,٩	٥,٨	١١,٢	٩,٣	٧,٩
يوليه	٣,٩	٥,٨	٦,٠	٥,٨	٤,٦	٧,٩	٥,٤	٥,١
أغسطس	٣,٣	٥,٦	٥,١	٥,١	٣,٩	٥,٣	٤,٤	٤,٥
سبتمبر	٤,١	٥,٢	٣,٨	٥,٤	٦,٣	٨,٢	٦,٩	٦,٦
أكتوبر	٥,٣	٩,٢	٦,٨	٦,٢	٧,٧	١٤,٩	١٥,٨	١٣,٥
نوفمبر	٧,٥	١٠,٣	١٢,٠	٤,٨	١,١	٢١,٣	١٨,٧	١٨,٣
ديسمبر	١٣,٢	١٣,٦	٢,٩	صفر	١,٩	٢٤,٦	٢٤,٢	٢٢,٦
سنوي	٧,٨	٨,٧	٥,٦	٥,٠	٥,٢	١٨,٤	١٦,٧	١٥,٩

من اعداد الباحث : اعتمادا على بيانات هيئة الأرصاد الجوية غير المنشورة للفترة بين عامي ١٩٦٥ : ٢٠١٢

سرعة رياح التروبوسفير في مصر وتغيراتها الرأسية د. ياسر أحمد السيد السيد

(جدول ١٥) معدلات سرعة الرياح العليا في أسوان تبعا للاتجاه

عند مستويات ١٠٠ ، ٢٠٠ ، ٣٠٠ هكتوباسكال

الشهر	شمالية	شمالية شرقية	شرقية	جنوبية شرقية	جنوبية	جنوبية غربية	غربية	شمالية غربية
عند مستوى ضغط جوى ٣٠٠ هكتوباسكال								
يناير	١٣,٨	١٢,٠	صفر	صفر	صفر	٣٧,٧	٣٤,١	٣٣,٩
فبراير	صفر	٥,٨	٥,٩	صفر	صفر	٣٩,٢	٣٧,٨	٣٧,٢
مارس	١٢,٣	صفر	صفر	٢,٣	صفر	٣٤,١	٢٧,٩	٣٠,٨
أبريل	١٤,١	٥,٠	صفر	٥,٤	صفر	٣٣,٣	٣١,٠	٣١,٧
مايو	١٤,٦	٥,٩	صفر	١,٨	صفر	٢٣,٨	٢٢,٣	٢١,٩
يونيه	٣,٤	١٣,٦	٧,٢	٧,٢	٨,٦	١٧,٠	١٤,٦	١١,٣
يوليه	٢,٢	٣,٥	٤,٥	٤,٤	٣,٢	٣,٤	٢,٨	٣,٧
أغسطس	٣,٧	٦,٢	٦,٧	٦,٠	٤,٥	٧,٩	٦,٦	٥,٨
سبتمبر	٤,٠	٥,٩	٤,١	٥,٧	٦,٢	٩,٢	٧,٥	٦,٣
أكتوبر	٧,٥	٨,٢	٩,٠	٨,٢	١٢,٠	١٩,٠	٢٠,١	١٨,٠
نوفمبر	٣,٦	١٧,٨	٦,٤	صفر	صفر	٢٨,٨	٢٣,٥	٢٣,٣
ديسمبر	١٣,٣	١٨,٨	صفر	٤,٧	صفر	٣٢,٢	٢٩,٣	٢٨,٢
سنوي	٧,٧	٩,٤	٦,٣	٥,١	٦,٩	٢٣,٨	٢١,٥	٢١,٠
عند مستوى ضغط جوى ٢٠٠ هكتوباسكال								
يناير	٧,٤	صفر	صفر	صفر	صفر	٣٤,٧	٣٣,٥	٣٣,٧
فبراير	صفر	صفر	صفر	صفر	صفر	٣٣,١	٤٣,٣	٤١,٣
مارس	صفر	صفر	صفر	٢,٣	صفر	٤٤,٨	٤٣,٨	٤٢,٢
أبريل	صفر	صفر	صفر	صفر	صفر	٤١,٠	٣٨,٥	٣٧,٨
مايو	١٢,٢	٤,٨	صفر	صفر	صفر	٢٩,٦	٣٠,٨	٢٩,٦
يونيه	٧,١	١٢,٢	٨,٧	١٢,٢	١٤,٠	٢١,٩	٢٢,٦	١٧,٥
يوليه	٦,٠	١١,٠	١٣,٢	١٣,٢	١٠,٠	١٠,٠	٦,٨	١٢,١
أغسطس	١,٩	٥,٦	٣,٧	٤,١	٣,٧	٣,٢	٦,٨	٣,٩
سبتمبر	٢,٦	٦,٤	٧,٦	٧,٨	٩,٠	١٢,٢	١٠,٧	١٠,٠
أكتوبر	٢,٥	٨,٦	٥,١	٢,٨	٦,٥	١٧,٣	١٧,٨	١٦,١
نوفمبر	٧,٣	٨,٩	صفر	صفر	صفر	٣٠,٠	٢٧,٧	٢٦,٢
ديسمبر	١٤,١	١٧,٨	١٠,٧	صفر	صفر	٤٢,٦	٣٥,٥	٣٤,٢
سنوي	٦,٨	٩,٥	٨,٢	٧,١	٨,٦	٢٦,٧	٢٦,٥	٢٥,٤
عند مستوى ضغط جوى ١٠٠ هكتوباسكال								
يناير	صفر	صفر	صفر	صفر	صفر	٢٦,٨	٢٦,١	١٩,٨
فبراير	صفر	صفر	صفر	صفر	صفر	٣١,٢	٢٩,٨	٢٣,٨
مارس	صفر	صفر	صفر	١٩,٥	صفر	٣٦,٣	٣٩,٨	٢٨,٢
أبريل	٥,٧	صفر	صفر	٦,٠	صفر	٣٠,٠	٢٨,٨	٢٢,٢
مايو	صفر	صفر	صفر	صفر	صفر	٢٦,٣	٢٨,٩	٢١,٦
يونيه	٠,٧	٢,٠	١٠,٨	١١,٣	١٠,٨	١٠,٨	١٠,٢	٩,١
يوليه	صفر	٣,٧	١١,٨	١٣,٣	١٠,٨	١٠,٠	٦,٨	صفر
أغسطس	٢,١	٠,٩	١٢,٨	١٢,٨	٨,٦	٣,٢	صفر	٣,٩
سبتمبر	٠,٩	٠,٦	١,٤	٢,٨	٦,٥	١٧,٣	١٧,٨	١٦,١
أكتوبر	٥,٣	١٧,٣	٥,١	١٣,١	١٣,٢	٢٨,٣	٣٢,٤	١٩,٥
نوفمبر	صفر	١٢,٦	صفر	٢١,٢	١٠,٨	٢٥,٣	٢٥,٤	١٨,٥
ديسمبر	٣,٧	صفر	صفر	٥,٦	٨,٢	٢٧,٨	٣٣,٤	٢٧,١
سنوي	٣,١	٦,١	٨,٤	١١,٧	٩,٩	٢٢,٩	٢٥,٤	١٩,١

من اعداد الباحث : اعتمادا على بيانات هيئة الأرصاد الجوية غير المنسوبة للفترة بين عامي ١٩٦٥ - ٢٠١٢

المبحث الرابع: طاقة رياح طبقة التروبوسفير في مصر:

للرياح طاقة ميكانيكية^(٢) تعرف بالضغط العمودي للرياح وهي تتناسب طردياً مع سرعتها ومع كثافة الهواء الطبيعي المحيط، بمعنى أنه كلما زادت سرعة الرياح وكثافة الهواء زاد الضغط العمودي لها، ويمكن تحويل الطاقة الميكانيكية للرياح إلى طاقة كهربائية باستخدام توربينات الهواء.

وتشتق الطاقة الميكانيكية أو قوة الضغط العمودي للرياح على الأجسام التي تعترضها من قانون حفظ الطاقة أو معادلات بيرنولي (ماجد محمود، ٢٠١٢م : ص ١١) وتتخذ الصيغة الآتية:

$$A = 0.5 \times D \times R^2 \times F$$

A = الطاقة الميكانيكية للرياح أو الضغط العمودي لها (باسكال).

للتحويل من الباسكال إلى الكيلوجرام لكل متر مربع يضرب ناتج المعادلة في ٠.١٠١٩٧١٦، أما إذا أردنا تحويله إلى رطل لكل قدم مربع يضرب ناتج المعادلة في ٠.٢٠٨٨٥٤٣ إلا أننا في مصر نحتاج الكيلوجرام/متر مربع.

D = كثافة الهواء (كجم/م^٣). R = سرعة الرياح (م/ث).

F = معامل الانسيابية وهو في حالة الهواء الواحد الصحيح.

كما أن للرياح طاقة كهربائية تعد أحد عناصر الطاقة البديلة والمتجددة التي تركز اهتمام الباحثين بها لتطوير أنظمتها ومعاييرها التقنية لتتنافس بذلك مصادر الطاقة المختلفة حسب الجدوى الاقتصادية، فقد باتت أنظمة الطاقة

(٢) الطاقة الميكانيكية هي الطاقة الناتجة عن حركة الأجسام من مكان لآخر حيث أنها قادرة نتيجة لهذه الحركة على بذل شغل والذي يؤدي إلى تحويل طاقة الوضع (potential energy) إلى طاقة حركة (kinetik energy) والأمثلة الطبيعية لهذا النوع من الطاقة هي حركة الرياح وظاهرة المد والجزر، ويمكن أن تنشأ الطاقة الميكانيكية بتحويل نوع من الطاقة إلى آخر، مثل المروحة الكهربائية والتي تحول الطاقة الكهربائية إلى طاقة ميكانيكية" والطاقة الميكانيكية من أكثر أشكال الطاقة ظهوراً واستخداماً في حياتنا فهي المسؤولة عن كل أنواع الحركة التي نراها.

سرعة رياح التروبوسفير في مصر وتغيراتها الرأسية د.ياسر أحمد السيد السيد

المتجددة من الرياح والاشعاع الشمسي دون منازع من أهم مصادر الطاقة النظيفة والمتجددة، لضمان التوازن البيئي والحفاظ على الموارد البيئية للأجيال القادمة، ومع ارتفاع التكلفة الانتاجية قياسا بالوقود الاحفوري والذي تنتج عنه المخاطر المرتبطة بالتلوث البيئي كأكاسيد الكربون والكبريت وانعكاسه على التوازن الحراري، لازالت الطاقة الريحية والشمسية الاختيار الأمثل على كل المستويات (فوزية عمر بخرجي، ٢٠١٣م: ص ٥) .

وقد قام الباحثون بجامعة ستانفورد الأمريكية بإجراء تقييم لسرعات الرياح على مستوى العالم وعلى ارتفاع ٥٠ - ٨٠ مترا من السطح واتضح أن سرعة الرياح ٦.٩م/ث هو الحد الأدنى المناسب لتوليد الطاقة الكهربائية من الرياح على نحو اقتصادى بطاقة ميكانيكية ٣كجم/م^٢، وطاقة كهربائية ٥١٥كيلو واط/ساعة، ويمكن تقدير الطاقة الكهربائية التي تنتج عن توربين هوائى بالكيلو واط فى الساعة والتي تعتمد اعتمادا كلياً على سرعة الرياح وكثافة الهواء الطبيعي^(٣) من المعادلة التالية (فوزية عمر بخرجي، ٢٠١٣م: ص ٢٨):

$$wpa = 0.5 \times p \times v^3 \times a \times r \times 0.4$$

Wpa = طاقة الرياح الكهربائية (كيلو واط/ساعة).

p = كثافة الهواء كجم/م^٣ (ياسر السيد، ٢٠١٣).

a = مساحة دوران ريشة التوربين التي يبلغ نصف قطرها ٢٥ متر.

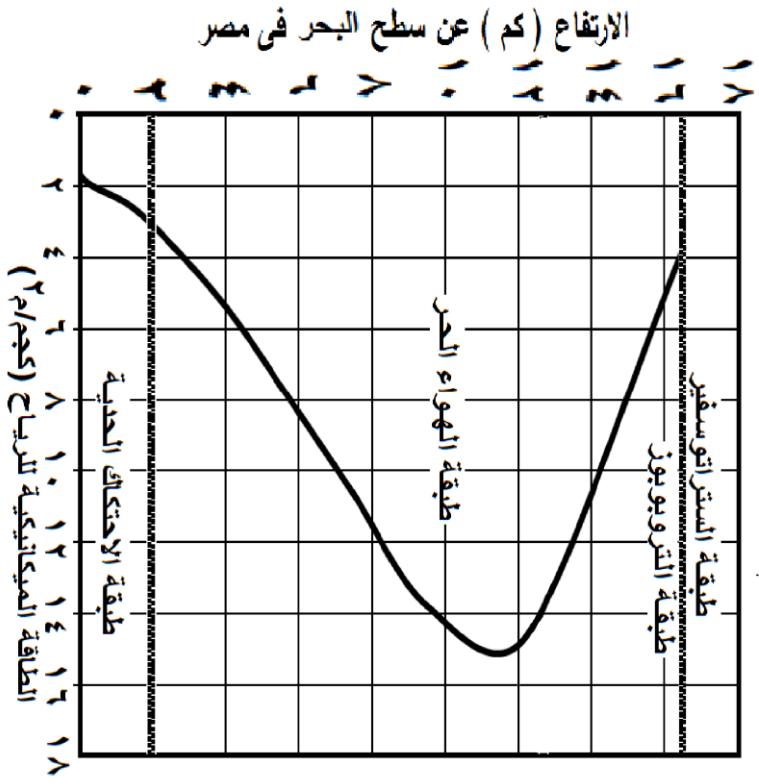
(٣) قلة الكثافة جدا في طبقات الجو العليا هي التي تجعل الصواريخ الموجهة للفضاء لا تحترق بالرغم من أن درجة الحرارة تبلغ في الاكسوسفير ١٥٠٠ درجة مئوية، حيث أنه مع ارتفاع الكثافة في التروبوسفير يقل الممر الحر بين جزيئات الهواء مما يعمل على سرعة عملية التوصيل الحراري الأمر الذى يؤدي إلى دفى هذه الطبقة، أما انخفاض الكثافة في الطبقات الأعلى يزيد جدا طول الممر الحر فلا نشعر بدرجة الحرارة المرتفعة هذه، يذكر أن متوسط طول الممر الحر (المسافة التي تقطعها جزيئات الغاز وذراتها قبل أن تتصادم مع بعضها البعض) في الغلاف الجوى تتزايد بزيادة الارتفاع عن سطح البحر، فهي بين ارتفاع ٠-٥٠كم (١٠^{-٧}م)، وبين ٥٠-١٠٠كم (١٠^{-٤}م)، وبين ١٠٠-١٥٠كم (٠.١م)، وبين ١٥٠-١٨٠كم (١٠^{-١}م)، وبين ١٨٠-٢٥٠كم (١٠٠م)، وبين ٢٥٠-٥٠٠كم (١٠٠٠م)، أما أكثر من ٥٠٠ كم فيبلغ فيه الممر الحر ١٠٠٠٠م.

$$r = \text{النسبة التقريبية (٣.١٤)}.$$

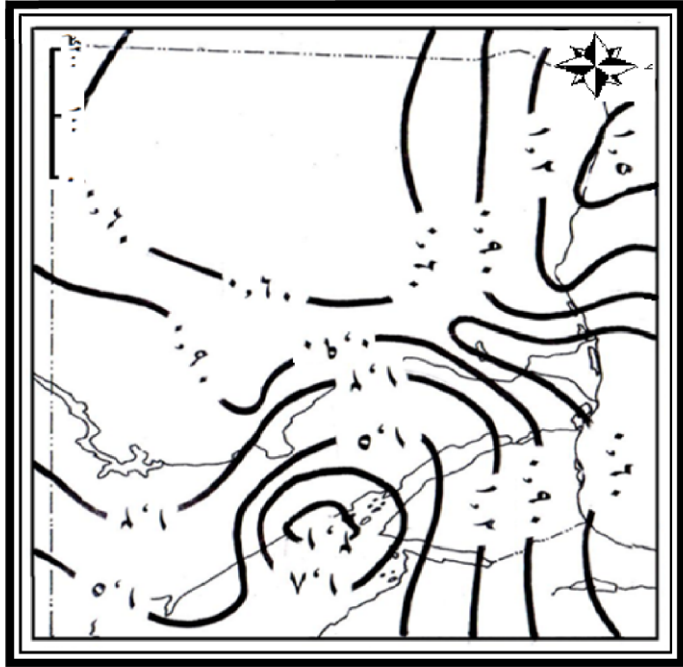
$$0.4 = \text{الحد الأقصى لامكانية الاستفادة من الطاقة المولدة من التوربين.}$$

$$v = \text{سرعة الرياح على ارتفاع ٥٠ متر من السطح.}$$

وبالنظر إلى الجدول (١٦) الذى يوضح قيم الطاقة الميكانيكية للرياح (كجم/م^٢) والجدول (١٧) الذى يوضح قيم طاقتها الكهربائية (كيلو واط/ساعة) نجد أن أعلى مناطق الجمهورية في الطاقة الميكانيكية للرياح هي المناطق الشرقية المطلة على البحر الأحمر، حيث تصل في الغردقة إلى ٢.٣ كجم/م^٢، وفي رأس بناس ١.٨ كجم/م^٢، وفي القصير والسويس ١.٢ كجم/م^٢، كما أنها أعلى مناطق الجمهورية في طاقتها الكهربائية حيث تبلغ في الغردقة ٧٧٢ كيلو واط/ساعة، وفي رأس بناس ٥١٠ كيلو واط/ساعة، وفي القصير ٣٠٢ كيلو واط/ساعة، والسويس ٢٦٧ كيلو واط/ساعة، ويرجع ذلك بصفة أساسية إلى وجود المنخفض الجوى الحرارى الصيفى الذى يتواجد على الصحراء الكبرى وشبه جزيرة سيناء خلال فصل الصيف ويؤدى الى هبوب رياح قوية على الساحل الشرقى، كذلك منخفض السودان الموسمي الذي يتمركز على جنوب البحر الأحمر وشمال شرق السودان خلال الاعتدالين، حيث تهب رياح جنوبية شرقية عابرة البحر الأحمر نتيجة ذبذبته نحو الشمال، لذلك تعد مدن ساحل البحر الأحمر وخليج السويس أنسب المواقع لإنشاء مزارع الرياح إذ تتميز بأعلى سرعات للرياح ليلا ونهارا على مدار العام مما يبشر بإمكانيات واعدة في توليد الطاقة من الرياح (إيملى حمادة، ٢٠٠٧م : ص ١٢٧).



(شكل ٢) تغير الطاقة الميكانيكية للرياح في طبقة التروبوسفير بمصر من اعداد الباحث: اعتمادا على بيانات الجول (١٧٧)، (ياسر السيد، ٢٠١٠)



(شكل ٣) خطوط تساوي المعاملات السنوية لطاقة الرياح السطحية من اعداد الباحث: اعتمادا على بيانات الجول رقم ١٦ الميكانيكية (كج / م²) في جمهورية مصر العربية

سرعة رياح التروبوسفير في مصر وتغيراتها الرأسية د.ياسر أحمد السيد السيد

(جدول ١٧) معدلات سرعة الرياح على ارتفاع ٥ متر في بعض المراسد بمصر (م/ث)

المرصد	يناير	فبراير	مارس	أبريل	مايو	يونيو	يوليو	أغسطس	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر	متوسط
احفنة المناسحة	٦.٩	٦.١	٦.١	٥.٥	٤.٦	٥.٣	٦.٠	٥.٤	٤.٤	٤.١	٥.٤	٦.١	٥.١
السلام	٧.٢	٧.٥	٧.٥	٧.٣	٦.٣	٥.٩	٦.١	٥.٨	٥.١	٥.٤	٥.٩	٦.٢	٦.٤
مرسى براق	٧.٠	٨.٥	٨.٥	٧.٣	٦.٣	٥.٦	٦.٠	٥.١	٤.٧	٤.٥	٤.١	٥.٣	٥.٨
الإسكندرية	٥.٨	٥.١	٥.٩	٥.٥	٤.٥	٥.١	٥.١	٥.١	٣.٥	٣.٢	٣.١	٣.٧	٣.٧
دمياط	٣.٦	٤.٥	٤.٧	٤.٦	٤.٠	٣.٥	٣.٥	٣.٢	٣.٠	٣.١	٣.٧	٣.١	٣.١
العريش	٣.٢	٣.٧	٣.٩	٣.٢	٣.١	٣.١	٣.٥	٣.٧	٣.٠	٣.١	٣.٧	٣.١	٣.١
رفح	٣.٢	٣.٧	٣.٩	٣.٢	٣.١	٣.١	٣.٥	٣.٧	٣.٠	٣.١	٣.٧	٣.١	٣.١
سجاء	٣.٢	٣.٧	٣.٩	٣.٢	٣.١	٣.١	٣.٥	٣.٧	٣.٠	٣.١	٣.٧	٣.١	٣.١
دمهور	٣.٠	٣.٥	٣.٧	٣.٢	٣.١	٣.١	٣.٥	٣.٧	٣.٠	٣.١	٣.٧	٣.١	٣.١
ططا	٣.٠	٣.٥	٣.٧	٣.٢	٣.١	٣.١	٣.٥	٣.٧	٣.٠	٣.١	٣.٧	٣.١	٣.١
المنصورة	٣.٧	٤.٢	٤.٧	٤.٦	٤.٠	٣.٥	٣.٥	٣.٢	٣.٠	٣.١	٣.٧	٣.١	٣.١
الزقازيق	٣.٥	٣.١	٣.٧	٣.٢	٣.١	٣.١	٣.٥	٣.٧	٣.٠	٣.١	٣.٧	٣.١	٣.١
شبين الكوم	٢.٥	٣.١	٣.٧	٣.٢	٣.١	٣.١	٣.٥	٣.٧	٣.٠	٣.١	٣.٧	٣.١	٣.١
بنها	٢.٥	٣.١	٣.٧	٣.٢	٣.١	٣.١	٣.٥	٣.٧	٣.٠	٣.١	٣.٧	٣.١	٣.١
وادي	٥.٤	٦.٠	٦.٩	٧.٥	٧.٠	٧.٥	٧.٠	٦.٦	٦.٠	٥.٨	٥.٤	٥.٤	٥.١
القاهرة	٥.١	٥.٣	٥.٦	٥.٨	٥.٠	٥.٣	٥.٤	٤.٢	٤.٧	٤.٧	٤.١	٤.٩	٥.٠
المنيا	٣.٩	٣.٧	٣.٣	٣.٠	٣.٦	٣.٥	٣.٢	٣.٠	٣.٨	٣.٠	٣.٠	٣.٠	٣.٠
الجيزة	٣.٩	٣.٧	٣.٣	٣.٠	٣.٦	٣.٥	٣.٢	٣.٠	٣.٨	٣.٠	٣.٠	٣.٠	٣.٠
البحري	٣.٩	٣.٧	٣.٣	٣.٠	٣.٦	٣.٥	٣.٢	٣.٠	٣.٨	٣.٠	٣.٠	٣.٠	٣.٠
الجرجا	٣.٩	٣.٧	٣.٣	٣.٠	٣.٦	٣.٥	٣.٢	٣.٠	٣.٨	٣.٠	٣.٠	٣.٠	٣.٠
الفيوم	٣.٩	٣.٧	٣.٣	٣.٠	٣.٦	٣.٥	٣.٢	٣.٠	٣.٨	٣.٠	٣.٠	٣.٠	٣.٠
شبراخيت	٣.٩	٣.٧	٣.٣	٣.٠	٣.٦	٣.٥	٣.٢	٣.٠	٣.٨	٣.٠	٣.٠	٣.٠	٣.٠
المنية	٣.٩	٣.٧	٣.٣	٣.٠	٣.٦	٣.٥	٣.٢	٣.٠	٣.٨	٣.٠	٣.٠	٣.٠	٣.٠
البحري	٣.٩	٣.٧	٣.٣	٣.٠	٣.٦	٣.٥	٣.٢	٣.٠	٣.٨	٣.٠	٣.٠	٣.٠	٣.٠
الجرجا	٣.٩	٣.٧	٣.٣	٣.٠	٣.٦	٣.٥	٣.٢	٣.٠	٣.٨	٣.٠	٣.٠	٣.٠	٣.٠
المنية	٣.٩	٣.٧	٣.٣	٣.٠	٣.٦	٣.٥	٣.٢	٣.٠	٣.٨	٣.٠	٣.٠	٣.٠	٣.٠
البحري	٣.٩	٣.٧	٣.٣	٣.٠	٣.٦	٣.٥	٣.٢	٣.٠	٣.٨	٣.٠	٣.٠	٣.٠	٣.٠
الجرجا	٣.٩	٣.٧	٣.٣	٣.٠	٣.٦	٣.٥	٣.٢	٣.٠	٣.٨	٣.٠	٣.٠	٣.٠	٣.٠
المنية	٣.٩	٣.٧	٣.٣	٣.٠	٣.٦	٣.٥	٣.٢	٣.٠	٣.٨	٣.٠	٣.٠	٣.٠	٣.٠
البحري	٣.٩	٣.٧	٣.٣	٣.٠	٣.٦	٣.٥	٣.٢	٣.٠	٣.٨	٣.٠	٣.٠	٣.٠	٣.٠
الجرجا	٣.٩	٣.٧	٣.٣	٣.٠	٣.٦	٣.٥	٣.٢	٣.٠	٣.٨	٣.٠	٣.٠	٣.٠	٣.٠
المنية	٣.٩	٣.٧	٣.٣	٣.٠	٣.٦	٣.٥	٣.٢	٣.٠	٣.٨	٣.٠	٣.٠	٣.٠	٣.٠

من إعداد الباحث : اعتمادا على بيانات هيئة الأرصاد الجوية المصرية غير المنشورة للفترة بين عامي ١٩٦٥ ، ٢٠١٢م

كما توجد منطقة ثانية تزيد فيها الطاقة الميكانيكية للرياح كذلك طاقتها الكهربائية هي المنطقة الشمالية الغربية من مصر، حيث تصل الطاقة الميكانيكية لها في مرسى مطروح إلى ١.٧ كجم/م^٢، وفي سيدي براني ١.٥ كجم/م^٢، وفي السلوم ١.٢ كجم/م^٢، كما تصل طاقتها الكهربائية في مرسى مطروح إلى ٤٧٠ كيلو واط/ساعة، وفي سيدي براني ٣٩٥ كيلو واط/ساعة، وفي السلوم ٢٧٠ كيلو واط/ساعة، ويرجع ذلك إلى تأثير هذه المنطقة بنسبة أكبر بالمنخفضات الجوية الشتوية العرضية وجبهاتها النشطة التي تعبر البحر المتوسط من الغرب نحو الشرق، مما يعمل على هبوب رياح نشطة قوية السرعة ذات طاقة ميكانيكية وكهربائية عالية.

وتبلغ الطاقة الميكانيكية وكهربائية للرياح على الساحل الشرقي للبحر الأحمر ذروتها خلال فصل الصيف، حيث يبلغ معدل طاقتها الميكانيكية في الغردقة ٢.٧ كجم/م^٢، وفي رأس بناس ٢.١ كجم/م^٢، كما تبلغ طاقتها الكهربائية في الغردقة ٩٧٨ كيلو واط/ساعة، وفي رأس بناس ٦٦٩ كيلو واط/ساعة، يلي الصيف في ذلك الربيع ثم الخريف ثم الشتاء .

أما على الساحل الشمالي الغربي فتبلغ أقصى طاقتها الميكانيكية والكهربائية خلال فصل الشتاء، حيث يصل معدل الطاقة الميكانيكية للرياح في مرسى مطروح إلى ٢.٢ كجم/م^٢، وفي سيدي براني ١.٩ كجم/م^٢، وفي السلوم ١.٦ كجم/م^٢، كما تصل طاقتها الكهربائية في مرسى مطروح إلى ٣٩٦ كيلو واط/ساعة، وفي سيدي براني ٣٣٨ كيلو واط/ساعة، وفي السلوم ٢٥٤ كيلو واط/ساعة، بسبب عبور المنخفضات الجوية الأطلسية الشتوية العرضية، وظهور منخفضات البحر المتوسط المحلية التي تنشأ وتتطور وتنتهي في البحر، ويلي فصل الشتاء في ذلك الربيع ثم الصيف ثم الخريف.

أما أقل مناطق مصر في طاقة رياحها الميكانيكية والكهربائية فهي الصحراء الغربية، حيث يصل المعدل السنوي لطاقة الرياح الميكانيكية في سيوة إلى ٠.٥ كجم/م^٢، وفي البحرية ٠.٤ كجم/م^٢، وفي الفرافرة ٠.٣ كجم/م^٢، وفي الداخلة ٠.٤ كجم/م^٢، كما تبلغ طاقة الرياح الكهربائية في سيوة ٨٦ كيلو واط/ساعة، وفي البحرية ٥٠ كيلو واط/ساعة، وفي الفرافرة ٣٩ كيلو واط/ساعة، وفي الداخلة ٥٠ كيلو واط/ساعة فقط، وتزيد قليلا في هذه المناطق خلال فصل الصيف بسبب ارتفاع درجة الحرارة جدا، مما يعمل على تكوين منخفضات جوية حرارية محلية تزيد من سرعة الرياح السطحية نوعا، أما خلال فصل الشتاء فنقل طاقة الرياح الميكانيكية والكهربائية في الصحراء الغربية إلى أدنى قيمها نتيجة انخفاض درجات الحرارة التي تزيد من حالات سكون الهواء.

وهناك منطقة أخرى تقل فيها طاقة الرياح الميكانيكية والكهربائية هي شبه جزيرة سيناء، حيث يبلغ المعدل السنوي للطاقة الميكانيكية للرياح في العريش ٠.٤ كجم/م^٢، وفي رفح ٠.٣ كجم/م^٢، كما تبلغ طاقتها الكهربائية في العريش ٤٤ كيلو واط/ساعة، وفي رفح ٤٤ كيلو واط/ساعة، ويرجع ذلك إلى قلة نشاط المنخفضات الجوية الغربية مع عبورها البحر المتوسط تجاه الشرق، وتبلغ أقصى قيم لطاقة الرياح الميكانيكية والكهربائية في سيناء خلال فصل الشتاء، ثم الربيع ثم الصيف ثم الخريف.

ولتحديد عدد الأسر التي يمكن أن تستفيد من الطاقة الكهربائية لتوربين هوائى واحد نصف قطر ريشته ٢٥ متر تبعا لسرعة الرياح استخدم الباحث المعادلة التالية (فوزية عمر بخرجى، ٢٠١٣م: ص ١١):

$$k = \frac{wpa \times d \times 24}{300}$$

k = عدد الأسر التي يمكن أن تستفيد من كهرباء يولدها توربين هوائى واحد نصف قطر ريشته ٢٥ متر.

سرعة رياح التروبوسفير في مصر وتغيراتها الرأسية د.ياسر أحمد السيد السيد

$Wpa =$ طاقة الرياح الكهربائية (كيلو واط/ساعة).

$d =$ عدد أيام الشهر. $=24$ عدد ساعات اليوم.

$300 =$ متوسط الاستهلاك الشهري من الطاقة الكهربائية للأسر، على أساس أن متوسط استهلاك الفرد الواحد شهريا في مصر ٦٠ كيلو واط/ ساعة (مركز المعلومات ودعم اتخاذ القرار، ٢٠٠٧: ص ٤٩) وأن متوسط عدد أفراد الأسرة التي سوف تعتمد على كهرباء يولدها توربين هوائي واحد ارتفاعه عن سطح الأرض ٥٠ متر خاصة في المناطق الساحلية خمسة أفراد فقط.

ومن الجدول (١٩) نتبين أن متوسط عدد الأسر التي يمكن أن تستفيد من كهرباء توربين هوائي واحد تزداد على الساحل الشرقي للبحر المتوسط، حيث يتراوح متوسطها في الغردقة بين ١١٦٠-٣٠١٥ أسرة، وفي رأس بناس ٨١٥-٢٦٤٠ أسرة، كما تزداد على الساحل الشمالي الغربي، حيث تتراوح في مرسى مطروح بين ٦٢٢-١٩٧٩ أسرة، وفي سيدى برانى ٤٩٤-١٦٢٦ أسرة، في حين يقل عددها جدا بوادى النيل ودلتاه ومنخفض الفيوم، كذلك الصحراء الغربية وشبه جزيرة سيناء.

ونظرا لارتباط الطاقة الميكانيكية طرديا بسرعة الرياح، لذلك فزيادة سرعتها بالارتفاع في التروبوسفير يزداد ضغطها العمودى رغم انخفاض كثافة الهواء بدرجة كبيرة جدا^(٤) (ياسر السيد، ٢٠١٣ م: ص ٦٥٠)، حيث تصل الطاقة الميكانيكية للرياح عند السطح مرتفع الكثافة في مرسى مطروح إلى ١.٧ كجم/م^٢، وفي أسوان ١.١ كجم/م^٢.

(٤) من رحمة الله انخفاض كثافة الهواء بالارتفاع في طبقات الغلاف الجوى، فإن كانت كثافة الهواء في طبقات الجو العليا كثافتة عند مستوى سطح البحر لبلغت الضغط العمودى للرياح على الاجسام التي تعترضها عند مستوى ضغط جوى ٢٠٠ هكتوباسكال - على سبيل المثال - في مرسى مطروح ٥٣.٩ كجم / م^٢، وفي حلوان ٥٤.٩ كجم / م^٢، وفي أسوان ٥٤.٦ كجم / م^٢، مما يصعب معه عملية اختراق السماء والطيران.

سرعة رياح التروبوسفير في مصر وتغيراتها الرأسية د.ياسر أحمد السيد السيد

تزداد في منتصف التروبوسفير حتى تصل عند مستوى ضغط جوى ٥٠٠ هكتوباسكال في مرسى مطروح إلى ٩٠٠ كجم/م^٢، وفي أسوان ٥٠٩ كجم/م^٢، تزداد أكثر في أعالي التروبوسفير حتى تصل عند مستوى ضغط جوى ٢٠٠ هكتوباسكال في مرسى مطروح إلى ٤٠٤ كجم/م^٢، وفي أسوان ١٤٠٨ كجم/م^٢، ولاقتزان الطاقة الميكانيكية المرتفعة لسرعة الرياح في مصر عند مستوى ضغط جوى ٢٠٠ هكتوباسكال فأكثر بمعدل درجة حرارة يصل إلى ٥٣.٨ تحت الصفر المئوى في مرسى مطروح، ٥٤.٢ تحت الصفر المئوى في أسوان عند نفس المستوى (ياسر السيد، ٢٠١٤م: ص ١٩١) أهمية بالغة حيث لا تنهك درجة الحرارة المتدنية تلك محركات الطائرات بل تجعلها تعمل بكل كفاءة اقتصادية^(٥).

(٥) للطاقة الميكانيكية للرياح الحرة أعلى التروبوسفير أهميتها في حركة الطيران، فقد تعمل كقوة دفع للطائرة إذا كانت في نفس الاتجاه أو كقوة صد لها إذا كانت في اتجاه معاكس لحركتها، ومعرفة ذلك يكون عن طريق حساب الفرق بين السرعة الهوائية والسرعة الأرضية للطائرة، فالسرعة الأرضية هي سرعة الطائرة بالنسبة إلى سطح الأرض، وتتوقف على القوة الميكانيكية للرياح العليا واتجاهها، أما السرعة الهوائية فهي سرعة الطائرة بالنسبة إلى الرياح الحرة المحيطة بها، فإذا كانت السرعة الهوائية أقل من السرعة الأرضية فإن ذلك يعنى أن الطائرة تتعرض لرياح دفع، والعكس إذا تعرضت الطائرة لرياح معاكسة لحركتها.

(جدول ٢٠) الطاقة الميكانيكية للرياح العليا بمرسى مطروح - حلوان - أسوان (كيلوجرام / متر مربع)

المحطة	المتوى	يناير	فبراير	مارس	أبريل	مايو	يونيو	يوليو	أغسطس	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر	متوسط
مرسى مطروح	١٥٥٠	٣,٧	٤,٠	٤,٧	٤,٩	٤,٣	٤,٠	٤,٠	٤,٠	٣,٧	٣,٣	٣,١	٣,٥	٣,٩
	٧٥٠	٦,٢	٧,٩	٨,٥	٨,٧	٦,٣	٦,٢	٦,٢	٦,٠	٣,٥	٣,٩	٣,٥	٣,٦	٣,٤
	٦٠٠	٩,٨	١١,٧	١٢,٦	١٢,٦	٨,٠	٨,٠	٦,٢	٦,١	٣,٠	٣,١	٣,٦	٣,٥	٦,٥
	٤٠٠	١٤,٥	١٦,٨	١٧,٠	١٦,٢	٩,٣	٩,٣	٦,٥	٦,٥	٤,٥	٤,٦	٤,٤	٧,٤	١٥,٠
	٤٠٠	٢٠,٢	٢١,٢	٢٢,٦	٢١,٣	١٢,٩	١٢,٩	٦,٧	٦,٥	٦,٥	١٠,٢	١٠,٢	١٩,٠	١١,٢
	٢٠٠	٢٧,٩	٢٥,٠	٢٤,٩	٢٤,٣	١٢,٥	١٢,٥	٥,٠	٤,٩	٤,٩	١١,٧	١٠,٢	٢٣,٧	١٤,٥
	٢٠٠	٣٧,٩	٣٤,٠	٣٤,٠	٣٣,٧	١٢,٦	١٢,٦	٤,٠	٤,٠	٩,٤	١١,٥	١١,٥	٢٢,٩	١٤,٤
	١٥٠	٤٠,٤	٤,٥	٦,٩	٣,٨	٢,١	٢,١	١,٨	١,٧	١,٢	١,٢	١,٤	٣,٥	٥,٩
	١٥٠	٤,٥	٢,٠	٢,٠	٢,١	٢,٨	٢,٨	٢,٥	٢,٥	١,٩	١,٩	١,٩	٢,١	١,٦
	٨٥٠	٣,٨	٣,٨	٣,٦	٣,٦	٣,٢	٣,٢	٣,٠	٢,١	٢,٣	١,٩	١,٩	١,٦	٢,٨
	٧٥٠	٧,٦	٨,٨	٨,٨	٧,٩	٧,٩	٥,٢	٤,٠	٤,٠	١,٦	١,٦	١,٦	١,٦	١,٦
	٦٠٠	١٣,٧	١٤,٧	١٣,٤	١٣,٤	١٠,٤	٧,٥	٤,٤	٤,٤	١,٨	١,٨	١,٨	١,٨	١,٧
٤٠٠	١٩,٦	٢٠,٠	١٨,٠	١٨,٠	٨,٦	٨,٦	٥,١	٥,١	٣,٨	٣,٨	٣,٨	٣,٨	١,٧	
٤٠٠	٢٥,٦	٢٦,٤	٢٦,٤	٢٦,٤	١٧,٠	١٧,٠	٧,٦	٧,٤	٦,٣	٦,٣	٦,٣	٦,٣	١,٢	
٣٠٠	٢٧,٣	٢٧,٣	٢٢,٧	٢٢,٧	٢٠,١	١٧,٠	١١,٠	١١,٠	٢,٨	٢,٨	٢,٨	١٤,٢	١٩,٢	
٣٠٠	٢٩,٧	٢٩,٢	٢٦,٨	٢٦,٨	١٦,٣	١٦,٣	١١,٢	١١,٢	٨,٧	٨,٧	١١,٩	٢٦,٧	١٤,٧	
١٥٠	٣٩,٦	٣٩,٦	٣٣,١	٣٣,١	١٦,١	١٦,١	١١,١	١١,١	١,١	١,٢	١,٢	٤,٤	٨,٥	
١٥٠	٤,٦	٤,٥	٤,٤	٤,٦	٤,٥	٤,٥	٤,٦	٤,٥	١,٠	١,٠	١,٠	١,٠	١,٠	
٨٥٠	١,٧	١,٥	١,٩	١,٨	١,٩	١,٩	١,٧	١,٧	١,٧	١,٤	١,٤	١,٢	١,٨	
٧٥٠	٥,٧	٥,١	٤,٨	٤,٨	٣,٠	٣,٠	٢,٨	٢,٠	١,٦	١,٦	١,٦	١,٦	١,٨	
٧٥٠	١٠,٦	٩,٤	٩,١	٩,٤	٦,٥	٦,٥	٤,٢	٤,٢	٢,١	٢,١	٢,١	٣,٢	٤,٥	
٥٠٠	١٧,٥	١٨,٨	١١,٦	١١,٦	٩,٨	٩,٨	٥,٥	٥,٥	١,٠	١,٠	١,٠	٢,٢	٥,٩	
٤٠٠	٢٤,٩	٢٧,٥	٢١,١	٢١,١	١٤,١	١٤,١	٨,٠	٨,٠	٠,٨	٠,٨	٠,٨	١,٤	٨,٧	
٣٠٠	٣٤,٦	٣٥,٠	٣٥,٠	٣٥,٠	٢٣,٠	٢٣,٠	١١,٤	١١,٤	١,١	١,١	١,١	٧,٤	١٧,٢	
٣٠٠	٤٢,٢	٤٢,٢	٣٩,١	٣٩,١	٢٨,٠	٢٨,٠	١٣,٧	١٣,٧	١,٤	١,٤	١,٤	١٩,١	١٤,٨	
١٥٠	٧,٤	٦,٧	٥,٢	٥,٢	٤,٥	٤,٥	٤,١	٤,١	٠,٩	٠,٩	١,٥	٣,٨	٧,٣	

الجدول من إعداد الباحث : اعتمادا على بيانات هيئة الأرصاد الجوية المصرية غير المنشورة للفترة بين عامي ١٩٦٥ ، ٢٠١٢م

الخاتمة

من خلال دراستنا الحالية لتغير معدلات سرعة الرياح بالارتفاع في جمهورية مصر العربية يمكننا أن نستخلص عدة نتائج هي:

- تقل التغيرات المكانية والزمنية لمعدلات سرعة الرياح في مصر على ارتفاع ٢متر من السطح، كما تتسم بالهدوء، إذ يصل معدلها السنوي إلى ٣.٦م/ث، وتسجل أعلى قيمها على السواحل الشرقية ممتدة من السويس حتى راس بناس مرورا بالگردقة التي يبلغ فيها المعدل السنوي لسرعة الرياح ٦.٣م/ث، ويرجع ذلك الى زيادة تحدر الضغط الجوي نحو مركز منخفض الهند الموسمي في الربيع والخريف ونحو مركز المنخفض الجوي الموسمي الموسع في الصيف، وتأتي في المرتبة الثانية منطقة ساحل شمال غرب مصر من السلوم حتى الإسكندرية مرورا بمرسى مطروح والتي يصل فيها المعدل السنوي لسرعة الرياح السطحية إلى ٥.٣م/ث، لتأثرها بجبهات المنخفضات الأطلسية العابرة للبحر المتوسط أو التي تنشأ وتتطور فوق مياهه، كما تتأثر بنسيم البر والبحر.

- يقلل فعل عملية الاحتكاك بسطح الأراضي المصرية من سرعة الرياح في الطبقة المستقرة من التروبوسفير، والتي هي جزء من طبقة الاحتكاك الحدية التي تخضع حركة رياحها لثلاثة قوى رئيسية هي؛ تدرج الضغط الجوي، وقوة الأرض الحارفة، وقوة الاحتكاك، لذلك ينخفض معدلها السنوي عند مستوى ضغط جوى ١٠٠٠ هكتوباسكال، حيث يصل إلى ٥.٢م/ث فقط، ولا يقتصر تأثير عامل الاحتكاك على تقليل سرعة الرياح في الطبقة المستقرة بجمهورية مصر العربية بل يعمل أيضا على الإقلال من الانحراف التي تسببه قوة الأرض الحارفة المعروفة بقوة كوريولي، ويدفعها إلى قطع خطوط الضغط الجوي المتساوي بزوايا كبيرة، وبالارتفاع تتحرر الرياح العليا نوعا ما من تأثير قوة

الاحتكاك، لذلك يصل متوسطها السنوي على ارتفاع ١.٥ كم أي عند مستوى ضغط جوى ٨٥٠ هكتوباسكال إلى ٧.١ م/ث.

- تظهر الرياح الحرة غير المتأثرة بالاحتكاك عند مستوى ضغط جوى ٧٠٠ هكتوباسكال أي على ارتفاع ٣.١ كم تقريبا، لذلك تزداد سرعة الرياح عند هذا المستوى من طبقة التروبوسفير، حيث يصل معدلها السنوي إلى ٩.٨ م/ث، ونظرا للارتفاع تزداد قوة كوريولي وهي قوة تتناسب طرديا مع جيب دائرة عرض المكان، لذلك يزداد تأثيرها في انحراف الرياح الحرة عند هذا المستوى بالاتجاه من جنوب البلاد نحو شمالها، كما تتناسب طرديا مع سرعة الرياح، وتأخذ سرعة الرياح بعد هذا المستوى في الزيادة حتى تصل أقصاها عند مستوى ضغط جوى ٢٠٠ هكتوباسكال أي عند ارتفاع ٢.٢ كم، حيث يبلغ متوسطها السنوي في الجمهورية إلى ٣٠.١ م/ث، ويرجع هذا إلى تواجد التيار النفث دون المدارى عند هذا المستوى.

- تقل نوعا ما سرعة الرياح عند مستوى ضغط جوى ١٠٠ هكتوباسكال أي عند ارتفاع ١٦.٥ كم تقريبا، حيث يصل المعدل السنوي لسرعة الرياح في الجمهورية إلى ٢٠.٧ م/ث، نظرا لعدم وجود تيار نفث عند هذا المستوى، كما توجد طبقة التروبوبوز التي تزداد فيها الحرارة بالارتفاع إيدانا ببداية طبقة الاستراتوسفير، وتقل فيها سرعة الرياح الجيوستروفية، حيث يكون معدل تناقص سرعة الرياح أكبر مع ارتفاع درجات الحرارة.

- الغربيات بأفرعها الثلاثة الشمالية الغربية والغربية والجنوبية الغربية في الطبقة السفلى من التروبوسفير هي الأعلى سرعة، حيث يبلغ متوسطها عند مستوى ضغط جوى ٧٠٠ هكتوباسكال إلى ١٠.٢ م/ث ويرجع ذلك إلى سيادة الرياح الحرة بالارتفاع عن سطح البحر التي تنحرف محصلة اتجاهها نحو الغرب بزيادة الارتفاع تبعا لقوة كوريولي، أما أقل سرعة فتسجلها الشرقيات عند كل مستويات الضغوط الجوية في طبقة التروبوسفير.

سرعة رياح التروبوسفير في مصر وتغيراتها الرأسية د.ياسر أحمد السيد السيد

- تزداد طاقة الرياح السطحية الميكانيكية والكهربائية على ساحل البحر الأحمر والساحل الشمالى الغربى لمصر، وتزداد هذه الطاقة بالارتفاع نظرا لزيادة سرعة الرياح، وعند ارتفاع ٥٠ متر وهو ارتفاع أغلب التوربينات الهوائية تتراوح معدلات سرعة الرياح فى مدينة الغردقة بين ٦.٧-٩.٤م/ث، وبطاقة ميكانيكية عند نفس الارتفاع ٢.٩-٥.٥كجم/م^٢، وبطاقة كهربائية ٤٦٨-١٢١٦ كيلو واط/ساعة، كما تتراوح فى مرسى مطروح بين ٥.٥-٨م/ث، بطاقة ميكانيكية ١.٩-٤.٠كجم/م^٢، وطاقة كهربائية ٢٥١-٧٩٨ كيلو واط/ساعة، أى أن هناك شهور ترتفع بها طاقة الرياح الكهربائية عن ٥٠٠ كيلو واط/ساعة وهو الحد الأدنى المناسب لتوليد الكهرباء من الرياح على نحو اقتصادى، لذلك تعد مدن ساحل البحر الأحمر وخليج السويس أنسب المواقع لإنشاء مزارع الرياح على شواطئها إذ تتميز بأعلى سرعات للرياح ليلا ونهارا على مدار العام مما يبشر بإمكانيات واعدة فى توليد الطاقة من الرياح كذلك مدن الساحل الشمالى الغربى لمصر.

- تعد الصحراء الغربية المصرية أقل مناطق الجمهورية فى طاقة رياحها الميكانيكية والكهربائية، بسبب بعدها عن نسيم البر والبحر وزيادة حالات سكون الهواء خاصة فى الفترة المعتدلة من العام، تليها شبه جزيرة سيناء بسبب قلة نشاط المنخفضات الجوية الغربية مع عبورها البحر المتوسط تجاه الشرق، وترتفع قليلا طاقة الرياح الميكانيكية والكهربائية فى سيناء خلال فصل الشتاء.

ملحق (١) ثبت بالمحطات المناخية التي اعتمدت عليها الدراسة

حظوظ	دائرة عرض	رقم المحطة	الارتفاع (متر)	المحطة	حظوظ	دائرة عرض	رقم المحطة	الارتفاع (متر)	المحطة	حظوظ	دائرة عرض	رقم المحطة	الارتفاع (متر)	المحطة
٥	٥			شفاوية	٥	٥			شفاوية	٥	٥			شفاوية
٣٠.٤٥	٢٧.٤٢	٣٨٩	٤٤.٠	مطري	٣١.٠١	٣٠.٣٦	٣٦٠	١٧٧.٩	شبين العوم	٢٥.١١	٣١.٣٢	٣٠.٠	٦.٠	المنوم
٣٣.٤٦	٢٧.١٧	٤٦٢	٢.٨	القرنفة	٣١.١١	٣٠.٢٨	٣٦٣	١٤.٠	بنتها	٢٥.٢٨	٣١.٣٨	٣٠.٣	٢٣.٣	سبي براني
٣١.٠١	٢٧.٠٣	٣٩٣	٦٩.٦	أسوط	٣٠.١٢	٣٠.٢٣	٣٥٧	٠.٩-	وكي الطون	٢٧.١٣	٣١.٢٠	٣٠.٦	٣٠.٠	مرسي مطروح
٣١.٤٢	٢٩.٣٤	٣٩٧	٦١.٤	سوهاج	٣١.٢٤	٣٠.٠٨	٣٦٦	٧٤.٥	القاهرة	٢٩.٥٧	٣١.١٢	٣١.٨	٦.٨	إبغدرية
٢٧.٥٨	٢٧.٠٣	٤٢٣	٩١.٨	الغرافة	٣١.١٥	٣٠.٠٨	٣٦٩	١٦.٩	بهنيم	٣١.٤٩	٣١.٢٥	٣٣.٠	٥.٠	دمياط
٣٤.١٨	٢٩.٠٨	٤٦٥	١٠.٨	القصر	٣١.١٣	٣٠.٠٢	٣٧٥	٢٢.٥	الجيزة	٣٣.٤٥	٣١.١٦	٣٣.٦	١٥.٠	العريش
٣٢.٤٤	٢٦.١١	٤٠٢	٧٤.٢	قلا	٣٠.٥١	٢٩.١٨	٣٨١	٢٣.٣	الفيوم	٣٤.١٤	٣١.١٦	٣٤.٥	٦.٧	رفح
٢٩.٠٠	٢٥.٢٩	٤٣٢	١١١	الادفنة	٣١.٠١	٢٩.١٢	٣٨٢	٣٦.٦	بنى سويف	٣٠.٥٧	٣١.٠٧	٣٤.٠	٦.٠	سقا
٣٠.٣٢	٢٥.٢٧	٤٣٥	٧٢.٨	الخرجة	٢٥.٢٩	٢٩.١٢	٤١٧	١٣-	سيوة	٣٠.٢٨	٣١.٠٢	٣٣.٩	٤.٣	منهور
٣٥.٣٠	٢٣.٥٨	٤٧٥	٤.٦	رأس بناس	٣٢.٢٨	٢٩.٥٢	٤٦٠	٣.٦	السيويس	٣٠.٥٦	٣٠.٤٩	٣٤.٩	٨.٣	طنطا
٣٢.٤٧	٢٣.٥٨	٤١٤	١٩٤	لسوان	٢٨.٥٤	٢٨.٢٠	٤٢٠	١٢٩	البحرية	٣١.٢٧	٣١.٠٠	٣٤.٣	٥.٣	المنصورة
					٣٠.٤٤	٢٨.٠٥	٣٨٧	٤٠.٥	الغيا	٣١.٣٠	٣٠.٣٥	٣٥.٤	١٣.٠	الزقازيق

من إعداد الباحث : اعتمادا على بيانات هيئة الأرصاد الجوية المصرية

(ملحق ٢) معدلات سرعة الرياح ساعة ١٢٠٠ عند مستويات الضغوط الجوية في مطروح - حلوان - أسوان (م / ث)

المحطة	يناير	فبراير	مارس	أبريل	مايو	يونيو	يوليو	أغسطس	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر	متوسط
مطري مطرف	١٠٠٠٠	٨,٣	٨,٣	٨,٣	٧,٢	٧,٨	٨,٣	٧,٨	٧,٣	٧,٧	٦,١	٦,١	٧,٨
	١٠٠٠	٨,٧	٩,٣	٨,٧	٨,٢	٨,٩	٨,٣	٦,٧	٦,٧	٨,٢	٦,١	٦,١	٨,٢
	٦٠٠	١١,٩	١٣,٣	١٣,٣	١١,٩	١٣,٩	١٣,٣	٧,٢	٨,٢	٨,٨	٨,٧	٨,٧	١٢,٤
	٤٠٠	٢٠,٦	٢٢,١	٢٢,٦	٢١,٧	٢١,٥	٢٢,٣	٩,٣	١١,٣	١٢,٨	١٥,٠	١٥,٠	٢١,١
	٤٠٠	٢٦,٧	٢٦,٣	٢٨,٩	٢٦,٣	٢٠,٠	٢٦,٥	١١,٩	١٥,٤	١٢,٨	١٤,١	١٤,١	٢٥,٨
	٢٠٠	٣٣,٠	٣٢,٤	٣٤,٥	٣٢,٠	٢٠,٠	٢٢,٦	١٥,٠	٢٠,٠	٢٤,٦	٢١,٧	٢١,٧	٣١,٩
	٢٠٠	٣٥,٩	٣٥,٦	٣٩,١	٣٧,٦	٣٠,٩	٣٢,٦	١٥,٩	٢٠,٠	٢٤,٦	٢١,٧	٢١,٧	٣٤,٥
	١٠٠	٣٦,٣	٣٤,٦	٣٩,٨	٣٧,٢	٢٤,٥	٢٣,٢	١١,٣	١٠,٤	١٥,٩	١٤,٦	١٤,٦	٢٤,٣
	١٠٠٠	٥,٢	٥,٧	٦,١	٦,١	٥,٧	٨,٢	٦,٨	٤,١	٥,٧	٥,٧	٥,٧	٥,٧
	٨٥٠	٨,٢	٨,٧	٧,٨	٦,٧	٦,٧	٦,٧	٥,٧	٤,١	٥,٧	٥,٧	٥,٧	٥,٧
طافان	٧٠٠	١٢,٤	١٣,٩	١٥,٩	١٥,٤	١٠,٤	١٢,١	٦,١	٦,١	٨,٢	٨,٢	٨,٢	١٢,٢
	٦٠٠	١٧,٤	١٩,٦	١٨,٠	١٥,٩	١٠,٤	١٢,١	٦,١	٦,١	٩,٣	٩,٣	٩,٣	١٧,٨
	٥٠٠	٢٣,٧	٢٤,٣	٢٤,٣	١٩,٦	١٥,٤	١٢,١	٧,٨	١٠,٧	١٠,٧	١٠,٧	١٠,٧	١٤,٥
	٤٠٠	٢٨,٩	٣٠,٩	٣٠,٤	٢٤,٣	٢٠,٠	١٦,٥	٩,٣	١٥,٠	١٤,٦	١٤,٦	١٤,٦	٢٧,٢
	٣٠٠	٣٥,٠	٣٦,٥	٣٠,٤	٢٦,٣	٢٠,٠	١١,٣	٩,٣	١١,٣	١٠,٧	١٠,٧	١٠,٧	٣٣,٠
	٢٠٠	٤٢,٢	٤٣,٢	٤٠,٢	٣٥,٩	٢٩,٨	٢٦,٧	١٢,٤	١٢,٤	١٢,٨	١٢,٨	١٢,٨	٣٤,١
	٢٠٠	٤٢,٢	٤٣,٢	٤٠,٢	٣٥,٩	٢٩,٨	٢٦,٧	١٢,٤	١٢,٤	١٢,٨	١٢,٨	١٢,٨	٣٤,١
	١٠٠	٣٢,٤	٣٣,٩	٣٣,٩	٢٢,٦	١٧,٤	١٧,٤	١١,٣	١١,٣	١٤,٥	١٤,٥	١٤,٥	٣١,٩
	١٠٠٠	٣,٢	٣,٥	٣,٢	٣,٥	٣,٥	٣,٥	٣,٥	٣,٥	٣,٢	٣,٢	٣,٢	٣,٢
	٨٥٠	٥,٧	٥,٧	٦,١	٥,٧	٥,٧	٥,٧	٦,١	٦,١	٥,٢	٥,٢	٥,٢	٥,٢
أسوان	٧٠٠	١١,٥	١٦,٥	١٥,٤	١٠,٤	٨,٢	٧,٨	٥,٧	٥,٧	٧,٧	٦,١	٦,١	٩,٣
	٦٠٠	١٦,٥	٢٣,٧	١٥,٩	١٦,٥	١٠,٤	٨,٢	٥,٧	٥,٧	٧,٧	٦,١	٦,١	١٣,٣
	٥٠٠	٢٣,٧	٢٣,٢	١٥,٩	١٦,٥	١٠,٤	٨,٢	٥,٧	٥,٧	٧,٧	٦,١	٦,١	١٣,٣
	٤٠٠	٢٩,٨	٣١,٣	٢٦,٣	١٧,٠	١٠,٤	٨,٢	٥,٧	٥,٧	٧,٧	٦,١	٦,١	١٣,٣
	٣٠٠	٣٩,٧	٤٠,٢	٤٢,٢	٢٢,٦	١٧,٠	١٧,٠	٨,٢	٨,٢	٧,٧	٦,١	٦,١	١٣,٣
	٢٠٠	٤٨,٤	٤٨,٤	٤٦,٣	٤١,١	٢٨,٤	٢٨,٤	٨,٢	٨,٢	٧,٧	٦,١	٦,١	١٣,٣
	٢٠٠	٤٨,٤	٤٨,٤	٤٦,٣	٤١,١	٢٨,٤	٢٨,٤	٨,٢	٨,٢	٧,٧	٦,١	٦,١	١٣,٣
	١٠٠	٣٧,٨	٣٧,٢	٣٧,٢	٣١,٧	٢٣,٧	٢٣,٧	٧,٨	٧,٨	١٠,٧	١٠,٧	١٠,٧	١١,١
	١٠٠٠	٢,٢	٢,٢	٢,٢	٢,٢	٢,٢	٢,٢	٢,٢	٢,٢	٢,٢	٢,٢	٢,٢	٢,٢
	٨٥٠	٤,٦	٤,٦	٤,٦	٤,٦	٤,٦	٤,٦	٤,٦	٤,٦	٤,٦	٤,٦	٤,٦	٤,٦

الجدول من إعداد الباحث : اعتمادا على بيانات هيئة الأرصاد الجوية المصرية غير المنشورة للفترة بين عامي ١٩٦٥ ، ١٩٦٢ م

(ملحق ٣) معدلات سرعة الرياح عند مستويات الضغوط الجوية في مطروح - حوان - أسوان (م / ث)

المحطة	يناير	فبراير	مارس	أبريل	مايو	يونيو	يوليو	أغسطس	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر	متوسط
مطوى مطوى	١٠٠٠	٧,٢	٧,٢	٦,١	٥,٢	٥,٧	٦,٧	٥,٧	٥,٢	٥,٢	٥,٧	٧,٢	٦,٢
	٨٥٠	٨,٧	٩,٨	٩,٣	٩,٣	٩,٣	٨,٧	٨,٢	٧,٨	٧,٨	٦,٧	٨,٢	٨,٤
	٧٠٠	١١,٣	١٢,٨	١٣,٩	١٤,٥	١١,٩	٨,٢	٨,٢	٨,٢	٨,٢	٧,٨	٨,٢	١٢,٧
	٦٠٠	١٥,٠	١٧,٠	١٧,٤	١٨,٥	١٤,٥	٨,٧	٨,٧	٩,٣	٧,٨	٧,٨	٨,٧	١٢,٧
	٥٠٠	٢٠,٠	٢١,٧	٢١,٧	٢١,٧	١٦,٥	١٤,٥	١٤,٥	٩,٣	٧,٨	٧,٨	٧,٨	١٦,٠
	٤٠٠	٢٥,٨	٢٦,٧	٢٦,٧	٢٥,٢	١٩,١	١٤,٥	١١,٩	١٠,٧	١٥,٠	١٥,٠	١٥,٠	٢٥,٢
	٣٠٠	٣٣,٥	٣٣,٥	٣٣,٥	٣١,٩	٢٣,٧	١٥,٤	١٥,٤	١٥,٠	٢٠,٠	٢٠,٠	٢٠,٠	٣١,٩
	٢٠٠	٣٩,١	٣٩,٧	٣٧,٦	٣٨,٥	٢٤,٦	١٥,٩	١٥,٩	١٥,٤	٢٢,٧	٢٢,٧	٢٢,٧	٣٩,٣
	١٠٠	٤٤,٣	٤١,١	٢٧,٢	١٩,١	١٧,٤	١٧,٤	١٧,٤	١٥,٩	١٥,٩	١٥,٩	١٥,٩	٢٨,٧
	٥٠	٥,٢	٥,٧	٥,٧	٥,٢	٥,٢	٥,٧	٥,٧	٥,٧	٥,٧	٥,٧	٥,٧	٥,٧
	٠	٨,٧	٨,٧	٨,٧	٨,٧	٨,٧	٨,٧	٨,٧	٨,٧	٨,٧	٨,٧	٨,٧	٨,٧
	طنان	١٠٠٠	٣,٢	٣,٢	٣,٢	٣,٢	٣,٢	٣,٢	٣,٢	٣,٢	٣,٢	٣,٢	٣,٢
٨٥٠		٥,٧	٥,٧	٥,٧	٥,٧	٥,٧	٥,٧	٥,٧	٥,٧	٥,٧	٥,٧	٥,٧	٥,٧
٧٠٠		١١,٣	١١,٣	١١,٣	١١,٣	١١,٣	١١,٣	١١,٣	١١,٣	١١,٣	١١,٣	١١,٣	١١,٣
٦٠٠		١٥,٠	١٥,٠	١٥,٠	١٥,٠	١٥,٠	١٥,٠	١٥,٠	١٥,٠	١٥,٠	١٥,٠	١٥,٠	١٥,٠
٥٠٠		٢٠,٠	٢٠,٠	٢٠,٠	٢٠,٠	٢٠,٠	٢٠,٠	٢٠,٠	٢٠,٠	٢٠,٠	٢٠,٠	٢٠,٠	٢٠,٠
٤٠٠		٢٥,٨	٢٥,٨	٢٥,٨	٢٥,٨	٢٥,٨	٢٥,٨	٢٥,٨	٢٥,٨	٢٥,٨	٢٥,٨	٢٥,٨	٢٥,٨
٣٠٠		٣٣,٥	٣٣,٥	٣٣,٥	٣٣,٥	٣٣,٥	٣٣,٥	٣٣,٥	٣٣,٥	٣٣,٥	٣٣,٥	٣٣,٥	٣٣,٥
٢٠٠		٤١,١	٤١,١	٤١,١	٤١,١	٤١,١	٤١,١	٤١,١	٤١,١	٤١,١	٤١,١	٤١,١	٤١,١
١٠٠		٤٤,٣	٤٤,٣	٤٤,٣	٤٤,٣	٤٤,٣	٤٤,٣	٤٤,٣	٤٤,٣	٤٤,٣	٤٤,٣	٤٤,٣	٤٤,٣
٥٠		٥,٧	٥,٧	٥,٧	٥,٧	٥,٧	٥,٧	٥,٧	٥,٧	٥,٧	٥,٧	٥,٧	٥,٧
٠		٨,٧	٨,٧	٨,٧	٨,٧	٨,٧	٨,٧	٨,٧	٨,٧	٨,٧	٨,٧	٨,٧	٨,٧
إسفنج		١٠٠٠	٣,٢	٣,٢	٣,٢	٣,٢	٣,٢	٣,٢	٣,٢	٣,٢	٣,٢	٣,٢	٣,٢
	٨٥٠	٥,٧	٥,٧	٥,٧	٥,٧	٥,٧	٥,٧	٥,٧	٥,٧	٥,٧	٥,٧	٥,٧	٥,٧
	٧٠٠	١١,٣	١١,٣	١١,٣	١١,٣	١١,٣	١١,٣	١١,٣	١١,٣	١١,٣	١١,٣	١١,٣	١١,٣
	٦٠٠	١٥,٠	١٥,٠	١٥,٠	١٥,٠	١٥,٠	١٥,٠	١٥,٠	١٥,٠	١٥,٠	١٥,٠	١٥,٠	١٥,٠
	٥٠٠	٢٠,٠	٢٠,٠	٢٠,٠	٢٠,٠	٢٠,٠	٢٠,٠	٢٠,٠	٢٠,٠	٢٠,٠	٢٠,٠	٢٠,٠	٢٠,٠
	٤٠٠	٢٥,٨	٢٥,٨	٢٥,٨	٢٥,٨	٢٥,٨	٢٥,٨	٢٥,٨	٢٥,٨	٢٥,٨	٢٥,٨	٢٥,٨	٢٥,٨
	٣٠٠	٣٣,٥	٣٣,٥	٣٣,٥	٣٣,٥	٣٣,٥	٣٣,٥	٣٣,٥	٣٣,٥	٣٣,٥	٣٣,٥	٣٣,٥	٣٣,٥
	٢٠٠	٤١,١	٤١,١	٤١,١	٤١,١	٤١,١	٤١,١	٤١,١	٤١,١	٤١,١	٤١,١	٤١,١	٤١,١
	١٠٠	٤٤,٣	٤٤,٣	٤٤,٣	٤٤,٣	٤٤,٣	٤٤,٣	٤٤,٣	٤٤,٣	٤٤,٣	٤٤,٣	٤٤,٣	٤٤,٣
	٥٠	٥,٧	٥,٧	٥,٧	٥,٧	٥,٧	٥,٧	٥,٧	٥,٧	٥,٧	٥,٧	٥,٧	٥,٧
	٠	٨,٧	٨,٧	٨,٧	٨,٧	٨,٧	٨,٧	٨,٧	٨,٧	٨,٧	٨,٧	٨,٧	٨,٧

الجدول من إعداد الباحث : اعتمادا على بيانات هيئة الأرصاد الجوية المصرية غير المنشورة للفترة بين صفي ١٩٦٥ ، ١٩٦٢ ، ٢٠١٢

المراجع

أولا : باللغة العربية:

- ١ - أحمد عبد الحميد الفقى محمد (١٩٩٩م): الرياح فى مصر - دراسة فى الجغرافيا المناخية، رسالة ماجستير غير منشورة، كلية الآداب جامعة عين شمس.
- ٢- الهيئة المصرية العامة للأرصاد الجوية: بيانات غير منشورة عن المعدلات الشهرية للعناصر المناخية، للفترة المحصورة بين عامي ١٩٦٥، ٢٠١٢م.
- ٣ - إيملى محمد حلمى حمادة (٢٠٠٧م): طاقة الرياح فى مصر - دراسة فى المناخ التطبيقى، المجلة الجغرافية العربية، الجمعية الجغرافية المصرية، العدد الثانى والخمسون.
- ٤- عبد العزيز عبد اللطيف يوسف (١٩٩٨م): التباين المناخى بين السواحل المصرية - دراسة جغرافية، المجلة الجغرافية العربية، الجمعية الجغرافية المصرية، العدد الثانى والثلاثون.
- ٥- فتحى عبد العزيز أبو راضى (١٩٩١م): التوزيعات المكانية - دراسة فى طرق الوصف الإحصائى وأساليب التحليل العدى، دار المعرفة الجامعية.
- ٦- فوزية عمر بخرجى (٢٠١٣م): التوزيع الجغرافى للطاقة الريحية فى المملكة العربية السعودية - دراسة الاحتياجات السكنية، مؤسسة الكويت للتقدم العلمى.
- ٦- ماجد كرم الدين محمود، وزملاؤه (٢٠١٢م): رياح التغيير فى أنظمة الطاقة العالمية والعربية - الكهرباء من الرياح، المركز الاقليمي للطاقة المتجددة وكفاءة الطاقة.

- ٧- مركز المعلومات ودعم اتخاذ القرار (٢٠٠٧م): وصف مصر بالمعلومات، الجزء الثالث.
- ٨- وزارة الكهرباء والطاقة المتجددة- الشركة القابضة لكهرباء مصر (٢٠١٤م) : التقرير السنوي ٢٠١٣./٢٠١٤
- ٩- ياسر أحمد السيد (٢٠١٠م): تغير الضغط والرياح في التروبوسفير بجمهورية مصر العربية - دراسة في الجغرافيا المناخية، مجلة الإنسانيات، كلية الآداب جامعة دمنهور، العدد الرابع والثلاثون.
- ١٠- _____ (٢٠١٣م): كثافة هواء التروبوسفير بمصر - دراسة في الجغرافيا المناخية، مجلة الإنسانيات، كلية الآداب جامعة دمنهور، العدد الحادي والأربعون.
- ١١- _____ (٢٠١٤م): معدلات درجات حرارة التروبوسفير بجمهورية مصر العربية - دراسة في الجغرافيا المناخية ، مجلة كلية الآداب جامعة الإسكندرية، العدد الخامس والسبعون.
- ١٢- _____ (٢٠١٤م): رطوبة التروبوسفير وتغيراتها الرأسية بجمهورية مصر العربية - دراسة في الجغرافيا المناخية، مجلة الإنسانيات، كلية الآداب جامعة دمنهور، العدد الثاني والأربعون.
- ١٣ - يوسف عبد المجيد فايد (١٩٩٥م): جغرافية المناخ والنبات، دار النهضة العربية ، القاهرة.

ثانياً : باللغة الأجنبية

- (1) **Holtstag , B ., (2013)**: Stable Atmospheric Boundary Layers and Diurnal Cycles, George Mason University, December, Vol. 6.
- (2) **—— ., (2015)**: Atmospheric Boundary Layers: An introduction and model inter comparisons, Meteorology and Air Quality Department, June.
- (3) **Lancaster University, England, (2005)**. Water Vapour in the Upper Troposphere and Lower Stratosphere, 5th to 7 Th July.
- (4) **Mokhov , I ., (2006)**: Tropospheric lapse rate and its relation to surface, Oboukhov institute of atmospheric physics, Russian academy of sciences, Vol. 62
- (5) **Peter, T., (2007)**, Upper Tropospheric Humidity, a Report on an International Workshop, 12–15 June, Karlsruhe, Germany.
- (6) **Stull, R., (2005)**, The Atmospheric Boundary Layer, University of British Columbia, Vancouver, Canada.
- (7) **Smith, J ., (1963)**: The vertical temperature distribution and the layer of minimum temperature , journal of applied meteorology, Vol. 2
- (8) **Yoshida , K ., (2011)**: Temperature changes in the tropical tropopause layer, division of earth system science, graduate school of environmental science, Hokkaido University .

