

# استغلال طاقة الرياح لتوليد الطاقة الكهربائية

## (بالتطبيق على مدينة الفاشر)

بحث تكميلي لنيل درجة البكالوريوس مرتبة الشرف في الهندسة الميكانيكية

إعداد الطلاب:

آدم خاطر محمد آدم

إسحق محمد زكريا عبد القديم

يوسف آدم يعقوب عثمان

إشراف:

د. فتح الرحمن أحمد الماحي

كلية الهندسة – قسم الميكانيكا

جامعة الشيخ عبد الله البدري



فبراير 2023م

## الآية

قال تعالى: (وَهُوَ الَّذِي أَرْسَلَ الرِّيَّاحَ بُشْرًا بَيْنَ يَدَيْ رَحْمَتِهِ وَأَنْزَلْنَا مِنَ السَّمَاءِ مَاءً طَهُورًا)

سورة الفرقان الآية (48)

## الإهداء

إلى من علمني النجاح والصبر... إلى من علمني العطاء بدون انتظار... أبي.

إلى من علمتني وعانت الصعاب لأصل إلى ما أن فيه... إلى من كان دعاؤها سر نجاحي وحنانها بلسم جراحي... أمي.

إلى جميع أفراد أسرتي العزيزة والكبيرة كل باسمه أينما وجدوا.

إلى أصدقائي رفقاء دربي من داخل الجامعة وخارجها.

إلى الدكتور المشرف د. فتح الرحمن أحمد الماحي.

إلى جميع أساتذتي الكرام الذين أناروا دروبنا بالعلم والمعرفة.

إلى كل من يقتنع بفكرة فيدعو إليها ويعمل على تحقيقها، لا يبغى بها إلا وجه الله و

منفعة الناس.

إليكم نهدي ثمرة هذا العمل المتواضع.

## شكر و عرفان

يقول النبي (ص): " من لا يشكر الناس لا يشكر الله "

وكما الارض مدينة للغيث بالخصب والعطاء .....

والقمر مدين للشمس بالنور والضياء .....

والقمر مدين بزرقه السماء .....

واننا مدينون بالشكر لكل من أمدنا بخيوط المعاونة والإرشاد حتى أكمل هذا المشروع.

الشكر بعد الله تعالى نخصه للدكتور/ فتح الرحمن أحمد الماحي

الذي كان بصماته واضحة للنجاح هذا المشروع مشرفاً ومريباً لم يبخل علينا بشيء

كما أننا مدينون للذين لم يبخلوا علينا بالعلم والمعرفة

قسم الهندسة الميكانيكية جامعة الشيخ عبد الله البديري

كل الشكر الذين لم يبخلوا علينا بالعلم والخبرات حتى اكتمل هذا المشروع.

والله الموفق

## المستخلص

هدفت هذا المشروع المقترح في إظهار الجدوى النظري لطاقة الرياح في شمال دارفور.

تم تطبيق لعدد من السرعات مع استخدام سرعة معينة تم الحصول على القدرة المستخلصة من الرياح يمكن الاستفادة منها في توليد الكهرباء لسد الحوجة الماسة لها.

من المتوقع أن يظهر المشروع إلى (عدد من المجاوات) إذا استخدمت حقول رياحية نظراً للجدوى الاقتصادية المستدامة لمزارع الرياح يمكن أن يضاف إلى الشبكة الوطنية إذا تمت تشغيلها بنجاح وكفاءة أكبر.

## **Abstract**

This proposed project aimed to demonstrate the theoretical feasibility of wind energy in North Darfur, number of speeds were applied with the use of a certain speed. The Power extracted from the wind

Was obtained, and it can be used to generate electricity to meet the urgent need for it.

The Project is expected to a number of megawatts if wind fields are used. Due to the sustainable economic feasibility of wind Farms, it can be added to the national network if it is operated successfully and more efficiently.

## فهرس المحتويات

رقم الصفحة	المحتوي	الرقم
i	الآية	
ii	الاهداء	
iii	الشكر والعرفان	
iv	المستخلص	
v	Abstract	
vi	فهرس المحتويات	
ix	فهرس الأشكال	
x	فهرس الجداول	
<b>الفصل الأول: الإطار العام للبحث</b>		
2	المقدمة	1-1
3	مصادر الطاقة المتجددة	2-1
3	الطاقة الشمسية	1-2-1
4	الاستخدام الحراري	1-1-2-1
5	محولات الفلتائية الضوئية	2-1-2-1
5	طاقة المد والجزر	2-2-1
5	طاقة موجات البحر	3-2-1
6	زيت الصغور الرسوبية	4-2-1
6	رمال القطران	5-2-1
6	طاقة الكتلة الحيوية	6-2-1
7	طاقة الرياح	7-2-1
7	الطاقة الحرارية	8-2-1
7	الطاقة النووية	9-2-1
8	مشكلة البحث	3-1
8	أهمية البحث	4-1

8	أهداف البحث	5-1
9	بنية البحث	6-1
<b>الفصل الثاني</b>		
11	تمهيد	1-2
12	الرياح في العالم	2-2
15	طاقة الرياح في الولايات المتحدة الأمريكية	3-2
17	طاقة الرياح في أوروبا	4-2
17	طاقة الرياح في الهند	5-2
18	طاقة الرياح في المكسيك	6-2
18	الأبحاث والتطوير المتواصل	7-2
19	سرعة الرياح وتوزيعات الطاقة	1-7-2
19	علاقات السرعة والقدرة	2-7-2
20	القدرة المستخلصة من الرياح	3-7-2
23	كثافة الهواء	4-7-2
24	أنماط الرياح العالمية	5-7-2
27	توزيع سرعة الرياح	6-7-2
27	توزيع احتمال وييل	7-7-2
32	سرعة جزر متوسط المكعبات	8-7-2
35	توزيع الطاقة	9-7-2
36	مسجلات البيانات الرقمية	10-7-2
36	تأثير الارتفاع	11-7-2
<b>الفصل الثالث</b>		
40	تمهيد	1-3
40	طبغرافية المنطقة	2-3
40	طبيعة المناخ في المنطقة	3-3
41	مصادر الرياح	4-3

41	حصر مصادر الرياح	5-3
42	العوامل المؤثرة في حركة الرياح	6-3
42	التباين في الضغط	1-6-3
42	التضاريس	2-6-3
42	قوة الكارويولي	3-6-3
43	التغير اليومي في سرعة الرياح	7-3
<b>الفصل الرابع</b>		
45	تمهيد	1-4
46	البيانات	2-4
47	الحسابات	3-4
49	النتائج	4-4
49	تحليل النتائج	5-4
50	دمج طاقة الرياح بالشبكة الكهربائية	6-4
50	المقارنة	7-4
<b>الفصل الخامس</b>		
52	الخاتمة	1-5
52	التوصيات	2-5
53	المراجع	3-5
53	الرسائل	4-5
53	التقارير	5-5

## فهرس الأشكال

رقم الصفحة	اسم الشكل	رقم الشكل
12	تناقص تكاليف الكهرباء المولدة من الرياح	1-2
16	الكهرباء المتولدة بواسطة وحدات قدرة الرياح في أمريكا	2-2
22	كفاءة العضو الدوار مقابل السرعة السفلية مع السرعة العلية	3-2
23	توربين محوري ذات ثلاث ريش	4-2
25	طاحونة رياح قديمة	5-2
26	جهاز حساس ضوئي لقياس سرعة الرياح	6-2
29	دالة توزيع احتمال ويبيل	7-2
30	دالة توزيع احتمال ويبيل مع براميتير وبراميتير مقياس	8-2
31	منحنيات ثلاثي الأبعاد	9-2
37	تغير ارتفاع برج التوربين مع سطح الأرض	10-2
38	مجموعة مزارع الرياح	11-2
42	مدى تغير سرعة الرياح مع الارتفاع	1-3
48	تغير قدرة مع السرعة	1-4
50	الأجزاء الأساسية والفرعية للتوربينة	2-4

## فهرس الجداول

رقم الصفحة	اسم الجدول	رقم الجدول
13	تزايد سعة الكهرباء من الرياح	1-2
14	سعة الرياح للأعوام (1994-1995-1997)	2-2
15	إضافة السعة بالميجاوات (1994-2000)	3-2
33	مقارنة لثلاث مواقع بنفس السرعة المتوسطة مع كثافة هواء مختلفة	4-2
34	تأثير براميتز الشكل والمقياس على سرعات النسق المتوسط – وكثافة القدرة	5-2
38	معامل الاحتكاك للأراضي المختلفة	6-2
46	اتجاهات وإحصائيات سرعات الرياح لعامين (2018-2019)	1-4
47	اتجاهات وإحصائيات سرعات الرياح لعامين (2020-2021)	2-4
48	الافتراضات	3-4
48	يوضح تغير القدرة مع القطر والسرعة ثابتة	4-4
48	يوضح تغير القدرة مع القطر والسرعة ثابتة	5-4
49	يوضح تغير القدرة مع القطر والسرعة ثابتة	6-4
49	يوضح تغير القدرة مع القطر والسرعة ثابتة	7-4
49	يوضح تغير القدرة مع القطر والسرعة ثابتة	8-4
50	يوضح تغير القدرة مع القطر والسرعة ثابتة	9-4

## الفصل الأول

### مقدمة

## الفصل الأول

### 1-1 مقدمة:

تعتبر الطاقة من أهم المواضيع التي استقطبت أنظار الباحثين , وحظيت باهتمامهم منذ القرون , ذلك لتعدد وتنوع مجالات استخدامها حتى أن نمو الطلب العالمي عليها يزداد نتيجة للتقدم الصناعي والنمو السكاني السريع , مع ازدياد المعرفة بالتهديدات التي تواجه بيئة الكرة الأرضية نتيجة لاستخدام الطاقة التقليدية , التي يمكن حصرها في الوقود التقليدي (الاحفوري) والطاقة النووية , هذا ما يخلف جملة من الآثار الضارة بالفرد والبيئة في آن واحد , فاستغلال مصادر الطاقة التقليدية في القطاع الصناعي والقطاع السكني وقطاع الخدمات , يسبب التلوث الجوي بالغازات السامة التي من نتائجها , توسع ثقب الأوزون , والأمراض الصدرية وغيرها وأكثرها ضرراً غاز ثاني أكسيد الكربون  $CO_2$  الذي يؤدي الي ارتفاع درجة حرارة (الاحتباس الحراري) مغيرا بذلك مناخها , هذا ما يتنافى مع " اتفاقية كيوتو" الدولية لحماية المناخ التي تنص على تخفيض معدل انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون .

كما تجعل الأمطار الحمضية الناتجة عن استخدام هذه الطاقات المياه العذبة غير صالحة للشرب كما تفقد الأنهار ثروتها السمكية , فالولايات المتحدة الأمريكية (USA) مثلا تفقد 20% من ثروتها السمكية و 5% من محاصيلها الزراعية سنويا بسبب الأمطار الحمضية , زيادة علي تلوث البيئة أثناء استخراج ونقل الغاز والنفط , بالإضافة الي أن استغلال الطاقة النووية يخلف نفايات مشعة طويلة الأمد , حيث أن إنصهار أو انفجار قلب مفاعل نووي واحد قادر علي تلويث مئات الكيلومترات المربعة من الارض بالإشعاع النووي لسنوات عديدة .

تتشترك الطاقات السابق ذكرها في أضرارها البالغة علي الصحة العامة وبالخصوص على صحة العاملين في المناجم والحقول النفطية , إضافة إلى أن إستنزاف الحقول النفطية التي تم إكتشافها في تشغيل آلة الصناعة والتنمية , ووضع البشرية أمام مشكلة نفاد الطاقة ؛ حيث تؤكد

الإحصائيات العالمية الجديدة لمخزون الطاقة العالمي أن الإحتياطي العالمي يقدر بحوالي 70 سنة بالنسبة للغاز الطبيعي , 40 سنة للنفط , أما عن إحتياطي اليورانيوم فيقدر بحوالي 50 سنة .

إن التحدي الذي يواجهنا , والحقيقة المفزعة التي اتضحت لنا معالمها تجعل العالم غير قادر علي التخطيط لمستقبله في مجال الطاقة إعتقاد على مصادر الطاقة التقليدية والنووية .

فكيف يتسنى لنا أن نوفق مطالبنا المتزايدة من الطاقة وحاجتنا للحفاظ علي نظام بيئي آمن ؟.

إن الإجابة على هذا الإشكال تضعنا أمام ضرورة استغلال مصادر الطاقة المتجددة والتي منها:

- الطاقة الشمسية.

- الطاقة المائية.

- طاقة الكتلة الحية.

- طاقة الرياح.

إذ تتميز عن الطاقة التقليدية بأنها غير ناضبة، كما أنها نظيفة لا تلوث الجو (ما عدا طاقة الكتلة الحيوية التي تسبب تلوثاً لكنه أقل بكثير من الطاقة التقليدية).

ورغم أن هذه الطاقة في بعض أشكالها كانت أول أشكال الطاقة التي استخدمها الإنسان ؛ مثل الطاقة الشمسية وطاقة الرياح إلا أن إهتمامها بها تناقص منذ ظهور الفحم الحجري في القرن الثالث عشر بعده النفط في القرن التاسع عشر ، وأخيراً الطاقة النووية في القرن العشرين ، ومع ظهور الأزمة العالمية للطاقة سنة (1973م) والأسباب السابق الذكر جعل دول العالم تعيد النظر في إستغلال الطاقة المتجددة.

من أهم الأمور الإقتصادية المميزة للطاقات المتجددة (على خلاف المصادر لأخرى) كونها مصدراً محلياً ، كما إنها مناسبة جداً للأماكن والتجمعات السكنية البعيدة عن الشبكات الكهربائية الوطنية مثل : منطقة شمال دارفور وغيرها من المناطق الأخرى ، في هذه الحال فإن انشاء محطات توليد صغيرة للتغذية بإستخدام إحدى أنواع الطقة الحرارية في تلك المناطق ، تعتبر عملية إقتصادية وإستثمارية ناجحة .

تعتبر إحتياجات مصادر الطاقة المتجددة ضخمة ، وسوف تشكل صمام الأمان للبشرية وبذلك نستطيع القول أن الحضارة البشرية في تقدمها لن تهددها مشكلة طاقة إذا ما أحسن إستغلالها ، بل كل ما في الامر أن أشكال الطاقة ستتغير ومصادر ها ستتتوع .

## 2-1 مصادر الطاقة المتجددة :

### 1-2-1 الطاقة الشمسية ( SOLAR ENERGY )

الشمس هو كرة كبيرة هائلة من الغازات الساخنة وكما نراها من الأرض ، فالشمس هي قرص شمسي ذو سطوع منتظم ودرجة حرارة (5762كلفن) ، وتصل الأشعة والانبعاثات الشمسية إلي الأرض كطاقة حرارية ويمكن حسابها بواسطة معادلة ستيفن بولتزمان . المعدل الذي تصل به الطاقة الشمسية الي قمة الهواء الجوي يسمى "الثابت الشمسي" . وهو كمية الطاقة الحرارية المستقبلية في وحدة الزمن على وحدة مساحة عمودية

على اتجاه الشمس عند متوسط المسافة بين الشمس و الارض . والثابت الشمسي يساوي (1353 وات لكل متر مربع) وتنخفض قيمة الإشعاعات الشمسية عند وصولها إلي سطح الأرض نتيجة لتأثير الانتشار والاستطارة والتفرق لغازات الهواء الجوي وجسيمات الأتربة الموجودة فيها.

تستقبل الأرض وغلافها الجوي باستمرار إشعاعات من الشمس تقدر بحوالي ( $1.7 \times 10^{17} W$ ) , سكان العالم الذين يقدر بـ 10 مليار نسمة مع احتياجات قدرة إجمالية لكل نسمة 10 كيلو وات سيحتاجون حوالي  $10^{11}$  كيلو وات من الطاقة .

ومن الواضح الآن انه إذا أمكن تحويل الإشعاعات المعرضة لـ 1% فقط من سطح الأرض الى طاقة مفيدة مع كفاءة 10% , فإن الطاقة الشمسية يمكن ان تفي باحتياجات الطاقة لكل سكان العالم . وهناك مقارنة مدهشة أخرى وهي أن الطاقة الكلية على الأرض أقل من الطاقة الشمسية الساقطة على الأرض في سنة واحدة.

والطاقة الشمسية رغم ذلك شديدة الانتشار، دورية ولا يعتمد عليها غالباً. ولذلك تحتاج أنظمة ومكونات لتجميعها وتركيزها بكفاءة لتحويلها لأي استخدامات وتنفيذ التحويل بأكثر كفاءة ممكنة.

ويمكن تقسيم مصادر الطاقة الشمسية إلى أنظمة تجميع طبيعية وتكنولوجية

تقسيم مصادر الطاقة الشمسية:

1. تحويل كهربائي.

2. تحويل حراري.

### 1-1-2-1 الاستخدام الحراري thermal utilization

متاح مجمعات ألواح مستوية للأشعة الشمسية لتشغيل عبر مدى درجة حرارة تصل حتى 365 كلفن لإنتاج ماء ساخن ، تسخين الهواء ، الطبخ وتشغيل أنظمة تكييف الهواء من الطراز الامتصاصي . وهذا الاستخدام الحراري منخفض درجة حرارة جزاب اقتصادياً أبيضاً . درجات حرارة التشغيل العالي التي تصل إلى حوالي 4000 كلفن قد تحققت باستخدام اجهزة التركيز البؤري للأفران الشمسية . توليد البخار لتشغيل مضخات لأغراض الري وتوربينات البخار التقليدية لتوليد الكهرباء أثبت سهولتها التكنولوجية . وستكون تكلفة القدرة الشمسية في المواقع جيدة الاختيار منافسة لتكلفة توليد القدرة النووية عند اكتمال تطوير هذه الوحدات .

## 2-1-2-1 محولات الفلتائية الضوئية photo voltaic

تستخدم الغلاية الشمسية الفلتائية الضوئية الفوتونات المفعمة بالطاقة للأشعة الشمسية الساقطة مباشرة لإنتاج الكهرباء عند كفاءات تحويل عالية حوالي 24% (نظرياً) ، 15% (عملياً). وقد تم تطوير تكنولوجيا التحول الفوتوفلتائي كجزء من تكنولوجيا الأقمار الصناعية وسفن الفضاء ، ولكن جزء كبير من التطبيقات عرقله بالأسعار المرتفعة للغلاية الضوئية photocells. وقد وجهت الجهود التي تهدف إلى تخفيض تكاليف الإنتاج للغلاية الشمسية في اتجاه المواد المسحوبة الرقيقة وحيدة البلورة ، تطوير أجهزة تركيز لتخفيض مساحة سطح الغلاية الشمسية المطلوب وتكنيك تصنيع عالي الحداثة. هذه الجهود خفضت تكلفة موديول الفوتوفولتيك pv الشمسي من 27 دولار اوات في عام 1978 إلى 3.33 دولار اوات في يوليو 2003. التكلفة الكلية للطاقة الشمسية شاملة تكلفة نظام التوازن ، التركيب ، ..... إلخ هي 21.26 سنت.

## 2-2-1 طاقة المد والجزر (tidal energy):

تعتبر موجات المد والجزر مصدراً آخر للطاقة من المحيطات بالإضافة إلى otec ويمكن سحب الطاقة من المياه الساحلية ببناء سدود تحجز المياه عند المد العالي وتحررها عند المد المنخفض (الجزر) وتعيدها إلى البحر.

ويمكن الحصول على القدرة بواسطة ترينينات من دخول – خروج المياه. كمية الطاقة تكون كبيرة جداً ولكن ذلك متيسر في أجزاء قليلة من العالم القدرة الكلية للمد والجزر قدرت بحوالي 2500000MW, ولكن الصعوبات المرتبطة مع إيجاد أماكن مناسبة، تكاليف الإنشاءات المرتفعة وعدم انتظام إتاحة القدرة أعاق التقدم في التحكم في طاقة المد والجزر. وتستمر أعمال التطوير في دول مختلفة مثل فرنسا، روسيا، كندا، U.K, USA, والسويد لاستغلال هذه الطاقة.

## 3-2-1 طاقة موجات البحر (Wave Energy):

تحدث موجات المحيط بسبب الرياح، والتي بالتالي تحدث بواسطة التسخين الشمسي غير المتساوي والتبريد اللاحق للقشرة الأرضية ودوران الأرض. والتحكم في طاقة الموجات يتطلب تطوير أجهزة تحويل خاصة للقدرة والميزة الرئيسية لقدرة الأمواج – مثل معظم مصادر الطاقة البديلة – هي أنها مصدر طاقة متجدد وحر. معدات تحويل قدرة الموجات تختلف عن معدات الطاقة الشمسية أو الرياح، فهي لا تستهلك مساحات أرضية كبيرة. وهي خالية من التلوث وتترك المياه في حالة هادئة. ويمكن أن تنتج مصفوفة مرتبة خلافاً (متعرجة)

من معدات القدرة الكهربائية, وتحمي السواحل من الفعل التدميري للموجات وتقلل من نحت السواحل وحتى يمكنها المساعدة في خلق الموانئ الصناعية .

مثل مصادر الطاقة البديلة الأخرى فالموجات ينقصها الاعتمادية , ويوجد ندرة نسبية في المواقع المناسبة ذو نشاط الموجات الكبير . ويعوق تطورها عدد من العوامل الاقتصادية مثل الاستثمار الرأسمالي , تكاليف الصيانة والإحلال .

والمواقع المناسبة لاستغلال طاقة الموجات هي:-

مولاكاوي وإلينيوهاها في جزر هاواي , السواحل الباسيفيكية لأمريكا الشمالية , بحر العرب في الهند وباكستان , ساحل الأطلنطي الشمالي لأسكتلندا وساحل نيوانجلاند .

#### 1-2-4 زيت الصخور الرسوبية (oil shale):

ال shale هو صخر رسوبي دقيق الحبيبات تكون بواسطة ترسيب طبقات تحت ضغط واحد طن من زيت الصغور يمكن أن يتحلل ليعطي من 95 لتر إلى 100 لتر من الزيت الخام التخلفي منخفض الكبريت عند حوالي 500c وهذا الزيت يعطي مكونات جيدة عند تكراره وبالمعالجة أكثر تعطي أنواع وقود سائل وغازي مفيدة .

وتوجد كميات ضخمة من ترسيبات الزيت الصخري في U S A فرنسا روسيا والصين . وقد بدء تشغيل كثير من الوحدات ولكن مع صعوبات من مطالب كميات المياه الضخمة , الاعتبارات البيئية , والنقل والمعالجة . وستصبح وحدات الزيت الصخري منافسة في المستقبل عندما تصبح التكلفة وإتاحة الزيت الخام الطبيعي مواتية .

#### 1-2-5 رمال القطران (Tar sands):

تحتوي رمال القطران على (2\_3) مثل احتياطات الزيت لكل الشرق الأوسط . وهو يوجد في ألبيرتا وكندا . وتوجد كثير من المشاكل المحيطة بالاستغلال التجاري للزيت من رمال القطران

#### 1-2-6 طاقة الكتلة الحيوية (Biomass energy):

وهو يعتبر من أهم مصادر الطاقة المتجددة على خلاف غيرها من الموارد الطبيعية, مثل النفط وكافة أنواع الوقود الأحفوري والوقود النووي , لذلك سعت الكثير من الدول لزراعة أنواع معينة من النباتات خصيصا لاستخدامها في مجال الوقود الحيوي , ومنها الذرة وفول الصويا في الولايات المتحدة الأمريكية , وقصب

السكر في البرازيل وزيت النقييل في شرق آسيا. كما تم الحصول على الوقود الحيوي من التحليل الصناعي للمزروعات والفضلات، وبقايا الحيوانات التي يمكن إعادة استخدامها .

مثل القش والخشب والسماد إضافة إلى تحليل النفايات ومخلفات الأغذية ، التي يمكن تحويلها إلى الغاز الحيوي وتستخدم الدول الوقود الحيوي لتخليص اعتمادها على المصدر الأساسي للوقود على وهو النفط ففي الولايات المتحدة الأمريكية مثلاً تسعى الي تخليص اعتمادها علي النفط نسب 20% في العام 2017م وتعويضه باستخدام الوقود الحيوي .

### 7-2-1 طاقة الرياح (WIND ENERGY) :

طاقة الرياح تنتج نتيجة لتحرك الهواء بسبب تغير درجة حرارته عند ملامسته لسطح الأرض وقد استخدمت في تحريك طواحين الهواء وإنتاج الكهرباء

### 8-2-1 الطاقة الحرارية (thermal energy):

تعتبر أحد الصور الأساسية للطاقة حيث تكون طاقة كامنة تنتج من احتراق الوقود أو التفاعلات أو الاحتكاكات كما يمكن أن تتحول إليها كل صور الطاقة الأخرى .يصاحب الطاقة الحرارية حركة أو اهتزاز ذرات وجزيئات المادة التي تختزن الطاقة حيث يظهر ذلك على هيئة ارتفاع في درجة حرارة المادة. تقاس هذه الطاقة بوحدات الكالوري .

### 9-2-1 الطاقة النووية (NUCLEAR ENERGY) :

هي إحدى صور الطاقة المختزنة وتخرج نتيجة تفاعل بين أجزاء النواة داخل الذرة حيث تنقسم الطاقة الخارجة من هذا التفاعل إلى ثلاث أنواع:

- A. طاقة منبعثة من النظائر المشعة نتيجة اضمحلال النواة إلى صورة مستقرة.
- B. طاقة تنطلق نتيجة انشطار نواة اليورانيوم ذات الكتلة الثقيلة بعد قذفها بنيوترون إلى نواتين أو أكثر.
- C. طاقة ناتجة من إلتحام نواة أربع ذرات هيدروجين لإنتاج ذرة هيليوم مستقرة ذات وزن أصغر قليلاً حيث يتحول فرق الوزن إلى طاقة. هذه الطاقة خطيرة وملوثة للبيئة إذا تسربت خارج مفاعلها.

### 3-1 مشكلة البحث:

إن الاعتماد على الوقود الأحفوري كمصدر رئيسي للطاقة عالمية تواجه للعديد من المشاكل والتحديات التي يجب أن تحتاج للدراسات لإيجاد حلول ولإستراتيجيات المناسبة للتعاون او للتعامل معها والتقليل من خطورتها.

أهم تهديدات ومشاكل الطاقة أن الوقود الأحفوري غير متجدد ومهدد بالنفاد في المستقبل القريب، و ذلك لزيادة عدد سكان في العالم.

نجد أن ولاية شمال دارفور أيضا تعاني من مشكلة الحصول على الطاقة بالأخص الطاقة الكهربائية، وذلك لبعد الشبكة الرئيسية للإمداد الكهرباء القومية من العاصمة .

صعوبة نقل الوقود الأحفوري الذي تستخدم في ماكينات الديزل بالمنطقة.

كما تعاني المحليات والقرى والمزارع من صعوبة الحصول على حصة الكهرباء من محطة الديزل بالولاية .

تقليل الأثار البيئية الناتجة من حرق الوقود في الشركات والمصانع الموجودة بالولاية.

### 4-1 أهمية البحث :-

تظهر أهمية البحث من خلال التركيز علي المقارنة بين أداء الطاقات الجديدة المتجددة والبديلة عن المشاكل البيئية الخطيرة الناتجة عن حرق الوقود الأحفوري مثل الأحتباس الحراري , الأمطار الحمضية , وتلوث الهواء , والبديل لقدرة الوقود الأحفوري والنووي هو تكنولوجيا الطاقة المتجددة وتم إختيار هذا المشروع بانها من المصادر الطبيعية للطاقة الغير قابل للنفاد من المنظور البشري .

### 5-1 أهداف البحث :-

يهدف هذا البحث للتعرف علي مدي إمكانية :

1/ الإستفادة من طاقة الرياح في شمال دارفور .

2/ دعم الشبكة الوطنية للكهرباء .

3/ تقليل الغازات المسببة للتلوث البيئي الناتجة عن حرق الوقود الأحفوري .

## 6-1 بنية البحث:

إذ قسم البحث إلى خمس فصول الأول الطاقة ومصادرها، والثاني طاقة الرياح , والثالث دراسة طاقة الرياح في شمال دارفور , والرابع التطبيق النظري والحسابات والخامس الخاتمة والتوصيات والمراجع .

## الفصل الثاني

### الطاقة ومصادرها

## الباب الثاني

### الطاقة ومصادرها

#### 1-2 تمهيد:

كان أول استخدام لقدرة الرياح في تسيير المراكب في نهر النيل بالسودان منذ حوالي 5000 عام ، وقد استخدمها الأوربيون لطحن الحبوب وضخ الماء (1700 - 1800) سنة .

وكانت أول طاحونة هوائية لتوليد الكهرباء في الولايات المتحدة في عام 1890 .

والآن تنافس وحدات قدرة الرياح الكبيرة الشبكات الكهربائية في إمداد قدرة نظيفة في اجزاء كثيرة من العالم .

القدرة المتوسطة لتوربينات الرياح كانت حوالي 300 كيلوات حتى الماضي القريب.

والان هنالك توربينات حديثة تمت تطويرها .

ويوجد الآن أيضا نماذج لتوربينات الرياح قد تصل إلى عدة ميقاوات قليلة تخضع للاختبارات في العديد من الدول .

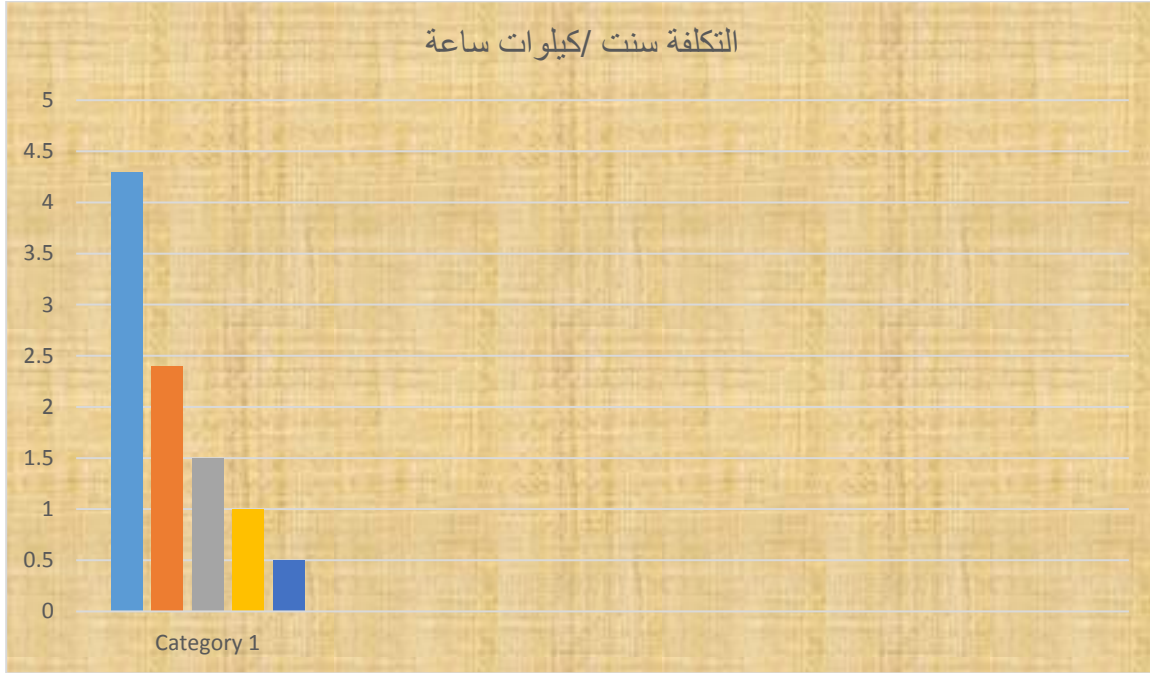
وقد ساهمت التصميمات المحسنة للتوربينات وإستخدام وحدات القدرة إلى حد كبير في تخفيض تكاليف توليد الطاقة من 35 سنت /كيلوات ساعة في 1980 إلى أقل من 5 سنت /كيلوات ساعة في 1997 في أماكن مختلفة وعند هذا السعر اصبحت طاقة الرياح واحدة من المصادر الأقل تكلفة .

والعوامل الرئيسية التي عجلت من تطوير تكنولوجيا قدرة الرياح هي الآتي :

1. الأجزاء المكونة من الألياف عالية المتانة لتصنيع الريش الكبيرة منخفضة التكلفة .
2. تخفيض أسعار إلكترونيات القدرة .
3. وجود مولدات كهربائية متعددة مع تغير سرعة الرياح .
4. تحسن تشغيل وحدة القدرة .
5. إقتصاد المقاييس ، حيث أصبحت التوربينات والوحدات أكبر حجماً .
6. تحسن تراكم الخبرة الميدانية.

## 2-2 الرياح في العالم Wind in the world

تعتبر الرياح أحد أهم المصادر الجديدة الواعدة لتوليد القدرة الكهربائية في الفترة القادمة. وتروج كثير من الدول لتكنولوجيا قدرة الرياح بالبرامج القومية وفتح الأسواق . وتدعم وكالة الطاقة الدولية (IEA) International Energy Agency مشاريع الأبحاث وتبادل المعلومات الخاصة بتطوير قدرة الرياح وتتكون هذه الوكالة من 14 دولة هي النمسا - كندا - الدنمارك - فنلندا - ألمانيا - إيطاليا - اليابان - هولندا - نيوزيلندا - النرويج - أسبانيا - السويد - بريطانيا - الولايات المتحدة .



شكل رقم (1-2) : يوضح تناقص تكاليف الكهرباء المولدة من الرياح.

الخطوط تمثل الأعمار بالترتيب 1980 1985 1990 1995 2000 وهي التناقص الحاصل في التكاليف الطاقة المنتجة من الرياح .

ومع بداية عام 1995 تم تشغيل أكثر من 25000 توربين رياح موصل بالشبكة في الدول الأعضاء في IEA تعمل بسعة قدرة حوالي 3500 MW ، وهذه التوربينات تنتج أكثر من 6 مليون MW/hr من الطاقة كل سنة والمعدل السنوي لتزايد السعة الحالي هو حوالي 6 MW .

وحسب AWEA ، IEA فإن السعة المركبة في الدول المدرجة في الجدول في الأعوام .

جدول رقم (1-2) : تزايد سعة الكهرباء من الرياح .

الأعوام	السعة (MW)
1994	3552
1995	4776
1997	7308

وقد سجلت مبيعات 1995 لوحدات جديدة 1224MW (1.5 بليون دولار) مما عزز السعة العالمية المركبة بحوالي 35% إلى حوالي 4776MW. وحدث أكبر نمو في ألمانيا حيث زاد سعتها بحوالي 500MW وكذلك الهند التي أضافت 383MW لسعة الرياح بها . وأضافت وحدات الرياح الجديدة التي ركبت 1997، 1996 2532MW أخرى على الإجمالي بمعدل نمو سنوي 24% .

معظم التطور الجديد في العالم يمكن أن يكون مدعوماً من السياسات الحكومية لتشجيع مصادر الطاقة المتجددة .

فمثلا برنامج المملكة المتحدة للوقود غير الحفري سيضيف 500MW لقدرة الرياح للشبكة الكهربائية المملكة المتحدة خلال هذا العقد .

في دراسات 1994 المقدمة بواسطة مؤسسة طاقة الرياح الأمريكية Energy American Wind Association (AWEA) مع شركة أرثر د ليتل أظهرت أنه يمكن إضافة 10 محطات لمزارع الرياح عبر البحار ما بين 1.935MW ، 3525MW من سعة الرياح بحلول عام 2000 .

الجدول أدناه يمثل سعة الرياح في بعض الدول للأعوام 1994 ، 1995 ، 1997 .

جدول رقم (2-2) : يوضح سعة الرياح للأعوام (1994، 1995، 1997).

الدول	1994 (MW)	1995 (MW)	1997 (MW)	1994 – 1995 (%)	1995 – 1997 (%)
المانيا	643	1136	2079	76.7	35.2
الولايات المتحدة	1795	1828	2000	2.4	4.7
الدانيمارك	540	614	1141	13.7	36.3
الهند	182	565	1000	210	33
هولندا	153	259	235	69	12
المملكة المتحدة	147	193	308	31	26.3
إسبانيا	72	145	455	100	77.1
الصين	30	36	-	20	-
الاجمالي	3552	4776	7308	35.4	23.7

الجدول أدناه يوضح إضافات سعة الرياح بالميجاوات ما بين 1994، 2000 في 10 دول مختلفة.

جدول رقم (2-3) : يوضح إضافة السعة بالميجاوات للأعوام (1994 ، 2000).

الإضافة المخططة MW	الدولة
100-300	المملكة المتحدة
150-250	أسبانيا
200-350	ألمانيا
700-1200	الهند
350-600	الصين
150-300	المكسيك
100-150	الأرجنتين
100-200	شيلي
50-75	أستراليا
50-100	نيوزيلندا
1950-3525	الإجمالي

### 3-2 طاقة الرياح في الولايات المتحدة الأمريكية U.S.A

بدأ نمو وأوسع في قدرة الرياح في U.S.A منذ 1970 الماضية ففي 1979 تم تركيب آلة تجريبية 2 MW بواسطة مصلحة الطاقة وال NASA في جبال هوارد نوب بالقرب من Boone بكارولينا الشمالية . وقد صمم النظام وتم بناؤه بواسطة شركة جنرال إلكترونيك باستخدام ريشتان وكان القطر 61m مصنعان في شركة بوينج .

وقد تم توصيلها للشبكة المحلية وتم تشغيلها بنجاح .

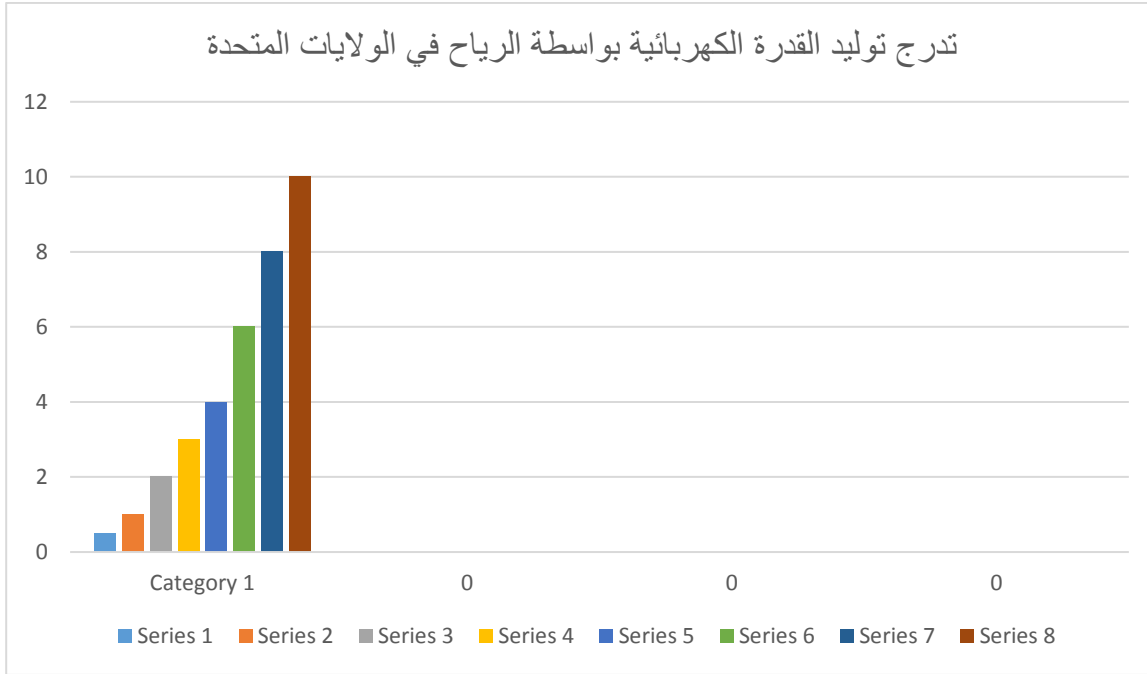
ومع بداية 1984 تزايدت بسرعة الطاقة الكهربائية المولدة من الرياح والمباعة للمستخدمين .

وحتى 1990 كانت معظم وحدات توليد القدرة من الرياح في USA مملوكة ومشغلة بالقطاع الخاص .

في كاليفورنيا وحدها كان هناك أكثر من 1500MW من سعة توليد الرياح مشغلة بنهاية 1991 .

وكان لشركة أيديسون ما يزيد عن 1120MW من توربينات الرياح تحت التعاقد ، مع ما يزيد عن 900MW مركبة وموصلة بالشبكة .

وكانت فوائده الرئيسية لشركة أيديسون عدم بناء وحدات توليد جديدة وخطوط نقل .



شكل رقم (2-2) : يوضح الكهرباء المتولدة بواسطة وحدات قدرة الرياح في USA منذ 1982 ، 1984 ، 1986 ، 1988 ، 1990 ، 1992 ، 1994 ، 1996 .

وقد حول التطور التكنولوجي وتناقص السعر الناتج اهتمام عدد من شركات الكهرباء خارج كاليفورنيا إلى تطوير طاقة الرياح كعنصر واحد من خليط المصادر المتوازنة .

والآن يتم بناء مشروعات في آلاسكا ، كاليفورنيا ، مينوسوتا ، تكساس ، فيرمونت ، واشنطن ، ووايومينج ، أثناء 1994 بدأ الكثير من مشروعات طاقة الرياح ، وخاصة في الغرب الأوسط وقد اكتملت 73 وحدة توربين ، 25MW في مينوسوتا ، ووايومينج ، ويخطط المنتجون والشركات لإضافة سعة قدرة رياح فعالة في المستقبل القريب.

وفي عام 1995 ، دخلت وحدة رياح 35MW في تكساس ، وهي قابلة للتوسع حتى 25MW ، وتكفي لإمداد 1000 منزل .

## 4-2 أوروبا (Europe) :

تنمو سوق طاقة الرياح في أوروبا بسرعة ، فقد تحقق كل توقعات سعة الرياح في عام 2000 في فترة قصيرة عام 1997 أي في نصف الزمن .

وكانت السعة الإجمالية المركبة 1997 4694 MW وكانت لأوروبا الأهداف الآتية :

الحصول على سعة 40000MW بحلول 2010 م ، 100000MW بحلول 2020 م هذه الأهداف تشكل جزء من سلسلة أهداف سياسية تم الاتفاق عليها 1997 م .

وتفوق ألمانيا والدانيمارك أوروبا في قدرة الرياح . وكلاهما حقق نمو هائل من خلال تعريفه مضمونة مؤسسة على أسعار الكهرباء المنزلية .

## 5-2 الهند (India) :

مساحة الهند حوالي 9 مليون كيلومتر مربع وعدد سكانها يزيد عن 900 الف مليون نسمة, و 75% منهم يعيشون في المناطق الريفية .

وقد نمت سعة توليد القدرة الإجمالية حوالي من 1300MW في 1950م إلى 100000 MW في 1998م بمعدل نمو سنوي يصل حوالي 9% .

وعند هذا المعدل ، تحتاج الهند لإضافة سعة 10000 MW كل سنة .

وتصل شبكة الكهرباء إلى حوالي 500000 قرية وتقوم بإمداد 11 مليون محطة ضخ مياه للزراعة .

الفحم هو المصدر الابتدائي للطاقة . ومع ذلك ، فإن مناجم الفحم متمركزة في مناطق معينة ، ونقل الفحم إلى المناطق الأخرى من الدولة ليس سهلاً .

ويستخدم ثلث الكهرباء الإجمالي في المناطق الريفية ، حيث يعيش ثلاثة أرباع السكان .

يتم فقد الطاقة في النقل والتوزيع من الشبكات الكهربائية ويصل حوالي 25% وتحظى البيئة في المناطق المزدهمة بالسكان بالاهتمام في الهند أكثر من الدول الأخرى .

ولهذه الأسباب ، فإن نظام القدرة الموزع ، وحدات الرياح القريبة من مراكز الأحمال ، تكون ذات أهمية عظيمة لهيئات الكهرباء المملوكة للولاية . وقد تبنت الدولة خطط طموحة لتطوير المصادر المتجددة . ونتيجة

لذلك ، فإن الهند اليوم لديها أكبر معدل نمو لسعة الرياح وتعد واحدة من أكبر منتجي طاقة الرياح في العالم . في عام 1995 كان لديها 565 MW من سعة الرياح ، حوالي 1800 MW سعة إضافية في مراحل التخطيط المختلفة . وقد حددت الحكومة 77 موقع لتوليد قدرة الرياح الاقتصادية بسهولة ، مع سعة توليد 4000 MW من القدرة .

ويقدر أن الهند لديها حوالي 20000 MW من قدرة الرياح الكامنة ، منها 1000 MW تم استغلالها 1997 وبذلك تحتل الهند مرتبة ضمن خمس دول الأولى في العالم في توليد طاقة الرياح .

## 2-6 المكسيك (Mexico) :

تمتلك المكسيك الآن خبرة عقد من الزمان مع أنظمة القدرة المتجددة .

وتقوم شركتان الفيدراليان بإمداد القدرة لحوالي 95% من السكان .

ومع ذلك ، ما زال يوجد حوالي 90000 قرية سكانها أقل من 1000 بدون كهرباء . وهذه القرى جاري إمدادها بأنظمة تعمل بمصادر الطاقة المتجددة مزودة ببطاريات رصاص حامضية عميقة الدورة لتخزين الطاقة .

وقد تم التخطيط لمصادر الرياح بالتعاون مع معامل الطاقة المتجددة القومية في الولايات المتحدة .

## 2-7 الأبحاث والتطوير المتواصل ( Ongoing Research and Development ) :

كانت الاعتمادات المالية المخصصة من الحكومات الأعضاء في وكالة الطاقة الدولية للأبحاث والتطوير في عام 1995 هي حوالي 200 مليون دولار . وكانت ميزانية مصلحة الطاقة في USA للأبحاث والتطوير هي حوالي 50 مليون دولار في 1995 .

وكان الهدف من هذه البرنامج هو المزيد من تخفيض تكاليف توليد الكهرباء من الرياح إلى أقل من 4 سنت /كيلوات ساعة بحلول 2000 ويمتلك كل من مصلحة الطاقة والمعامل القومية USA عدد من البرامج لترويج تكنولوجيا قدرة الرياح – الهجين في الدول النامية والتركيز على أمريكا اللاتينية ودول الباسفيك . وتشمل هذه الأنشطة دراسات الجدوى ، ومشاريع مخططة ، ومشاريع مالية ، وتعليم وتدريب المصادر المتجددة .

## 8-2 سرعة الرياح وتوزيعات الطاقة ( Wind speed & development )

يعمل توربين الرياح على الاستفادة من حركة الرياح بواسطة عضو دوار يتكون من ريشتين أو أكثر مقترنة ميكانيكياً بمولد كهربائي .

والتوربين مركب على برج بإرتفاع كبير لتعزيز الحصول على الطاقة .

ويركب العديد من التوربينات الرياحية في الموقع الواحد لبناء مزرعة رياح ذات سعة إنتاج القدرة المطلوبة .

ومن الواضح ، أن المواقع ذات الرياح العالية المستقرة تنتج كثير من الطاقة في السنة .

ينقسم التوربينات إلى قسمين رأسية ومحورية آلة المحور الرأسي لها شكل مضرب البيض ، وغالباً ما يسمى "عضو دوار داريوس " Darrieus rotor . وقد استخدم في الماضي بسبب الميزة النوعية الإنشائية له .

ومع ذلك ، فمعظم توربينات الرياح الحديثة تستخدم تصميم المحور الأفقي . فيما عدا العضو الدوار rotor ، فكل المكونات متماثلة في كلا التصميمين ، مع بعض الفروق في مواقعهم .

## 2- 9 علاقات السرعة والقدرة (Speed & Power Relations) :

طاقة حركة الهواء الذي كتلته m ويتحرك بسرعة V تعطي بالعلاقة التالية :

$$\text{طاقة الحركة} = \frac{1}{2}mv^2 \longrightarrow 1$$

القدرة هي معدل سريان لطاقة الحركة

وتعطي بالعلاقة :

$$P = \frac{1}{2}\dot{m}v^2 \longrightarrow 2$$

معدل سريان كتلة الهواء في الحجم ويعطي بالعلاقة :

$$\dot{m} = \rho V \quad *$$

$$\dot{m} = \rho Av \quad **$$

$$P = \frac{1}{2}\rho Av^3 \longrightarrow 3$$

حيث :

$$P = \text{القدرة الميكانيكية في الهواء المتحرك}$$

$$\rho = \text{الكثافة الهواء } [kg/m^3]$$

$$A = \text{مساحة الإنسياب } [m^2]$$

$$V = \text{سرعة الهواء } [m/s]$$

## 10-2 القدرة المستخلصة من الرياح Power Extracted from the Wind

القدرة الفعلية المستخلصة بواسطة ريش العضو الدوار هي الفرق بين قدرات الرياح علوية الانسياب وسفلية الانسياب.

$$P_o = \left(\frac{1}{2}\right)(\rho A)(v^2 - v_o^2)$$

حيث :

$$p_o = \text{القدرة الفعلية المستخلصة بواسطة العضو الدوار أي قدرة خرج التوربين}$$

$$v = \text{سرعة الرياح الانسيابية العلوية عند مدخل ريش الدوار}$$

$$v_o = \text{سرعة الرياح الانسيابية السفلية عند مخرج ريش العضو الدوار}$$

سرعة الهواء غير مستمر من  $v$  حتى  $v_o$  عند مستوى ريش العضو الدوار في الاتجاه المرئي . ولذلك يشتق معدل تدفق الكتلة للهواء خلال الريش الدوارة بواسطة ضرب الكثافة  $\rho$  السرعة المتوسطة ، أي أن :

$$\dot{m} = (\rho A) \left(\frac{v+v_o}{2}\right)$$

القدرة الميكانيكية المستخرجة بواسطة العضو الدوار ، والتي تدير المولد الكهربائي تكون كذلك :

$$P_o = \frac{1}{2}(\rho A \left(\frac{v+v_o}{2}\right))(v^2 - v_o^2)$$

ويمكن إعادة ترتيب العلاقة السابقة جبريا كالآتي :

$$P_o = \left(\frac{1}{2}\rho A v^3\right) \left(1 + \frac{v_o}{v} - \left(\frac{v_o}{v}\right)^2\right)$$

القدرة المستخرجة بواسطة الريش يعبر عنها عادة ككسر قدرة الرياح الانسيابية العلوية  $C_p$

كالآتي :

$$P_o = \left(\frac{1}{2}\rho A v^3\right) \cdot C_p$$

حيث :

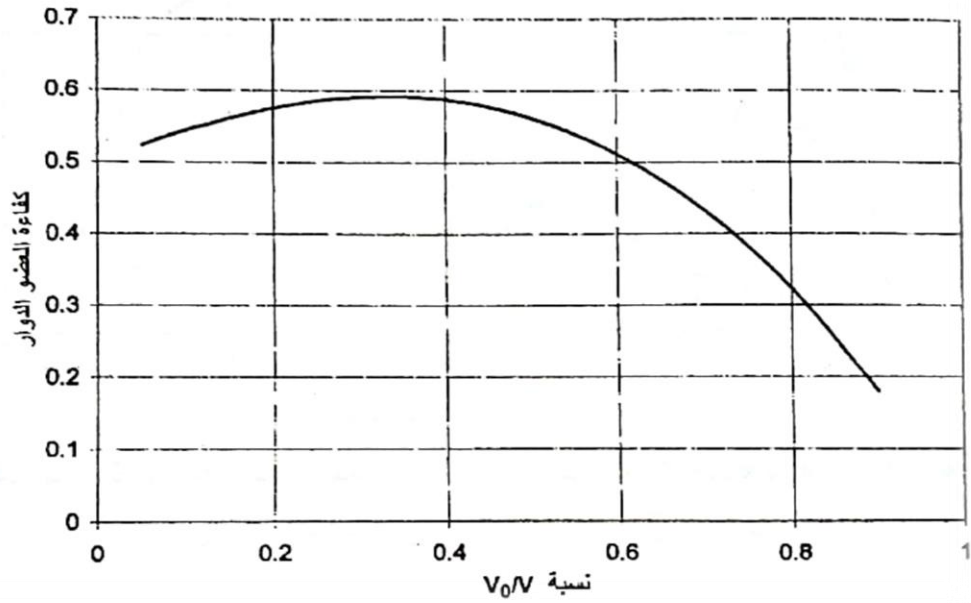
$$C_p = \frac{1 + \frac{v_o}{v} - \left(\frac{v_o}{v}\right)^2}{2}$$

كسر قدرة الرياح الانسيابية العلوية ، ولتي تحتجز بواسطة ريش العضو الدوار  $C_p$  .

القدرة المتبقية تفرغ أو تبدد في الرياح الانسيابية السفلية . ويسمى المعامل  $C_p$  "معامل قدرة العضو الدوار " أو "كفاءة العضو الدوار" .

ولسرعة رياح انسيابية علوية معطاة فإن قيمة  $C_p$  تعتمد على نسبة سرعة الرياح الانسيابية السفلية إلى سرعة الرياح الانسيابية العلوية أي  $\left(\frac{v_o}{v}\right)$  . منحنى توقع معامل القدرة مقابل  $\left(\frac{v_o}{v}\right)$  يوضح أن  $C_p$  هي دالة مفردة القيمة القصوى ولها قيمة قصوى تساوي 0.59 عندما تكون قيمة  $\frac{1}{3} = \frac{v_o}{v}$  وتستخرج القدرة القصوى من الرياح عند نسبة السرعة تلك ، عندما تساوي سرعة الرياح الانسيابية السفلية ثلث واحد من السرعة الانسيابية العلوية . تحت هذا الشرط :

$$P_{max} = \frac{1}{2}\rho A v^3 0.59$$



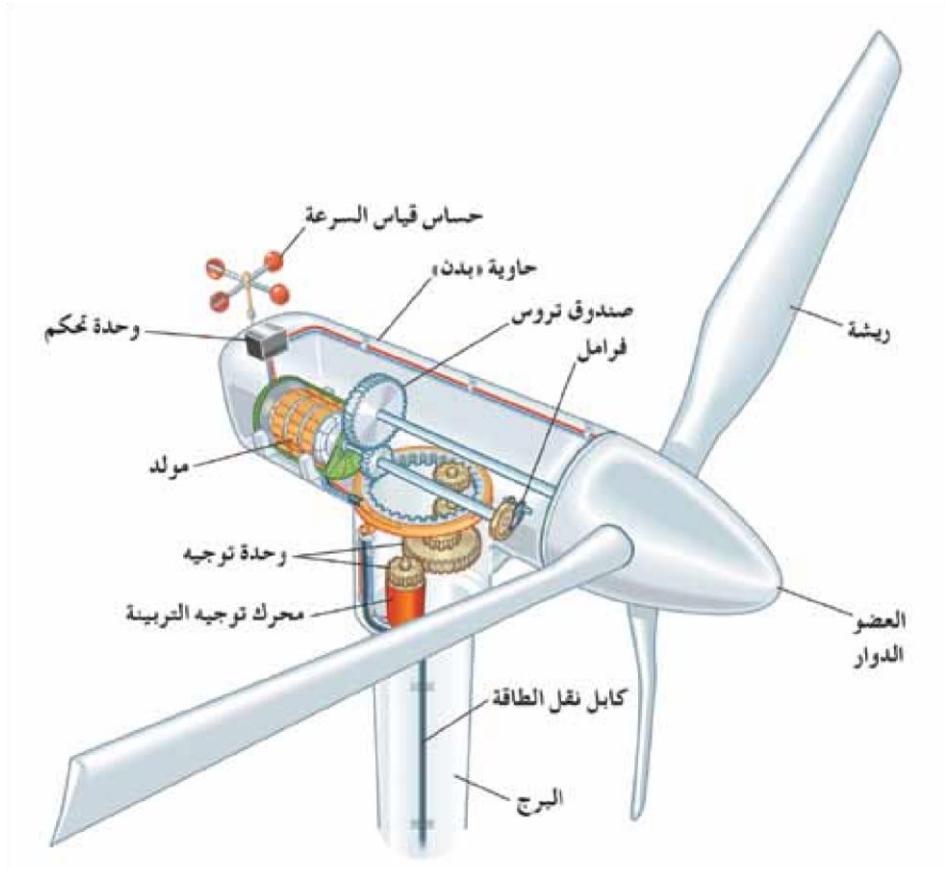
شكل رقم (2-3) : يمثل كفاءة العضو الدوار مقابل  $V_0/V$

وتمثل الأعداد الأفقية النسبة بين سرعتين والأعداد الرأسية كفاءة العضو الدوار

أقصى قيمة نظرية ل  $C_p$  هي 0.59 وفي التصميمات العملية ، تكون أقصى قيمة منفذة ل  $C_p$

هي أقل من 0.5 للتربينات عالية السرعة ، ريشتان ، وما بين 0.2 ، 0.4 للتربينات منخفضة السرعة مع ريش أكثر فإذا أخذنا 0.5 كأقصى كفاءة للعضو الدوار عمليا ، فإن أقصى قدرة خرج لتوربين الرياح يصبح تعبير بسيط وهو

$$p_{max} = \frac{1}{4} \rho v^3 \text{ Watts/m}^2 \text{ ويتم قياسه}$$



شكل رقم (2-4) : يوضح توربين محوري ذات ثلاث ريش.

## 11-2 كثافة الهواء Air Density

تتغير قدرة الرياح خطيا مع كثافة الهواء الذي يجتاز الريش . وتتغير كثافة الهواء  $\rho$  مع درجة الحرارة والضغط طبقا لقانون الغازات :

$$\rho = \frac{p}{R_x T}$$

حيث

$\rho$  = كثافة الهواء

$p$  = ضغط الهواء

$T =$  درجة الحرارة المطلقة

$R =$  ثابت الغاز

كثافة الهواء عند مستوى سطح البحر ، 1 ضغط جوي 14.7 psi ،  $60F^{\circ}$  هي  $1.225kg/m^3$  وباستخدام ذلك كمرجع ، تصحح  $\rho$  للضغط ودرجة الحرارة النوعية للموقع . الضغط ودرجة الحرارة كلاهما بالتالي يتغير مع الارتفاع . وتأثيرهما المشترك على كثافة الهواء يعطي بالمعادلة التالية ، والتي تسري حتى 6000m (20000 قدم ) لارتفاع الموقع فوق سطح البحر :

$$\rho = \rho_o e^{\frac{0.297Hm}{3048}}$$

حيث :  $mH =$  ارتفاع الموقع بالمتري

والمعادلة اعلاه غالبا تكتب بصيغة بسيطة :

$$\rho = \rho_o - 1.194 * 10^{-4}Hm$$

وتصحح كثافة الهواء عند ارتفاعات عالية هام . كثافة الهواء عند ارتفاع 200m سيكون  $0.986kg/m^3$  ، 20% أقل من  $1.225kg/m^3$  وهي القيمة عند مستوى سطح البحر.

وتختلف درجة الحرارة مع تغير الارتفاع كالاتي :

$$C_oT = 15.5 - \frac{19.83Hm}{3048}$$

## 12-2 أنماط الرياح العالمية Global Wind patterns

تخلق نماذج وأنماط العالمية بواسطة التسخين غير المتساوي ودوران الأرض . يرتفع الهواء الدافئ بالقرب من خط الاستواء ، ويتحرك هواء السطح ليحل محل الهواء المرتفع ، وبذلك يخلق حزامان رئيسيان من أنماط الرياح العالمية الكروية وتتحرك الرياح بين خط الاستواء وخط عرض  $30^{\circ}$  شمالا وجنوبا من الشرق إلى الغرب . وتسمى هذه الرياح ب "الرياح التجارية " بسبب استخدامها في إبحار السفن التجارية . وتوجد رياح قليلة بالقرب من خط الاستواء ، حيث يرتفع الهواء ببطء إلى أعلى ، علاوة على تحركه في اتجاه الغرب . و الرياح السائدة تتحرك تتحرك من الغرب إلى الشرق في حزامين بين خطي عرض  $30^{\circ}$  ،  $60^{\circ}$  شمال وجنوب

خط الاستواء . و هذه الحركة ترجع إلى دوران الرياح التجارية في إطار مغلق. في كثير من الدول حيث تأتي أنظمة الطقس من الغرب ، تكون سرعة الرياح في الغرب أعلى عامة مما هي عليه في الشرق .

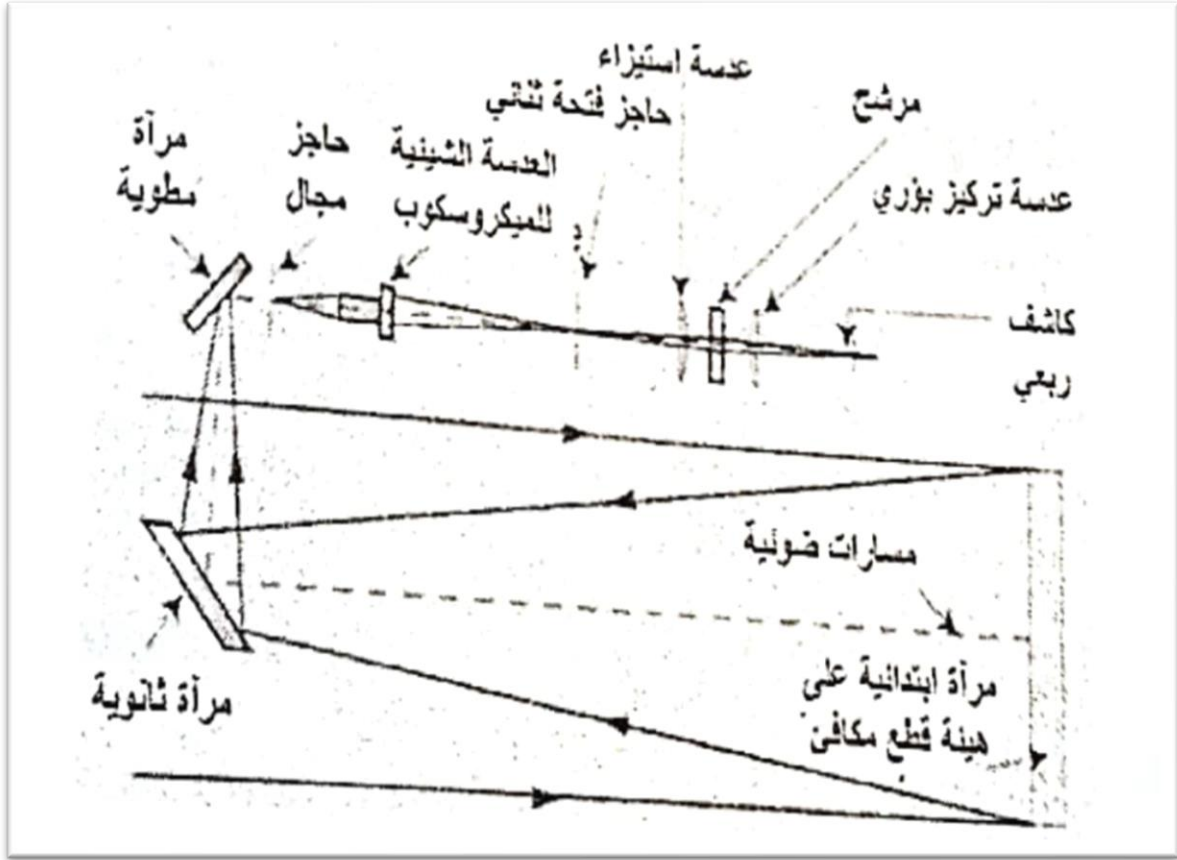
وتستخدم سمتان للرياح ، سرعتها واتجاهها في التنبؤ بالطقس ووصفه وتقاس السرعة بجهاز يسمى "الأنيموميتر" ، وتوجد منه عدة طرازات . والطراز الأكثر شهرة له ثلاث أو أربع كأسات مركبة على برامق spokes على عمود دوار وتدير الرياح الكأسات والعمود . السرعة الزاوية للعمود الدوار تعابير لتعطي السرعة الخطية للرياح . في الولايات المتحدة تقدر سرعة الرياح بالميل /ساعة أو بالميل البحري /ساعة ( عقدة ) . وفي الدول الأخرى تقدر بالكيلومتر/ساعة وأحيانا بالمتر/ث .



شكل رقم (2-5): طاحونة رياح قديمة.

ويقاس اتجاه الرياح بجهاز يسمى "مروحة الطقس" . ولها ريشة مسطحة واسعة مركبة على برمق مرتكز على ناحية واحدة . وتدير الرياح التي تصطدم بالريشة البرمق وتصف الريش في اتجاه الرياح . ويشار إلى اتجاه الرياح بواسطة سهم مثبت على البرمق أو بواسطة عداد كهربى متحكم فيه من بعد بواسطة مروحة الطقس . ويشار لاتجاه الرياح غالبا بمقياس دائري  $360^\circ$  وعلى هذا المقياس ، يشير  $0^\circ$  إلى الشمال ،  $90^\circ$  إلى الشرق ،  $180^\circ$  إلى الجنوب ،  $270^\circ$  إلى الغرب .

وتم اختراع حساس ضوئي optical sensor في معهد جورجيا للتكنولوجيا يمكن أن يحل محل الأنيموميتر التقليدي سريعا ويحسن دقة القياس . الأنيموميتر الميكانيكي يمكن أن يسجل قراءات عند موقع مفرد حيث هو موضوع . ونحتاج إلى مصفوفة من الأنيموميتر التقليدي لمراقبة سرعة الرياح عبر منطة كبيرة مثل مزرعة الرياح . جهاز الإحساس الضوئي الجديد يكون قادر على قياس متوسط سرعات الرياح المتعامدة والاتجاهات عبر مسافة طويلة وهو أكثر دقة من الأنيموميتر الميكانيكي .



شكل رقم (2-6) : يوضح الجهاز الحساس الضوئي لقياس سرعة الرياح.

الجهاز الحساس الضوئي مركب على تليسكوب كبير وليزر نيون هليوم ذو قطر حوالي 50mm ، وهو يسقط شعاع ضوئي على هدف يبعد حوالي 100m ، والهدف مصنوع من نوع المواد العاكسة المستخدمة في علامات الطرق . ويستخدم الجهاز الحساس إنحطاط شعاع الليزر المعروفة بتأثير التلاؤ المضطرب المتبقي residual turbulent scintillation effect وجمع التليسكوب ضوء الليزر المنعكس عن الهدف ويرسله خلال مسار ضوئي وحيد في الجهاز . كل من مراقبي الكشف الصغيرين يركزان على الهدف داخل

شعاع الليزر ويلتقط موجات ظليلة أو أهداب تتحرك عبر شعاع الليزر . وتكون الموجات مرئية على الهدف نفسه . وتشبه الأهداب كثيرا موجات الظلال التي نراها نراها في قاع حمام السباحة في يوم مشمس .

ويمكن رؤية شئ يشبه هذه الظلال إذا نظرنا إلى رياح مضطربة مع شعاع الليزر .

ويسجل كل كاشف لحظة مرور الأهداب السوداء . وبتحويل النقط المكشوفة إلى رقمية ، يمكن للكمبيوتر قياس الزمن والفواصل وبالتالي متوسط سرعة الرياح .

الميزة الرئيسية للجهاز الحساس الضوئي هي إمكانية قياسه سرعة الرياح عبر مدى واسع من الرياح الخافتة إلى الرياح الخاطفة السريعة عبر مسافة واسعة .

## 13-2 توزيع سرعة الرياح Wind Speed Distribution

حيث أن القدرة تتناسب مع مكعب السرعة، فإن سرعة الرياح هي البيان الأكثر حرجا المطلوب للحصول على القدرة لموقع محدد. والرياح ليست مستقرة أبدا عند أي موقع . فهي تتأثر بنظام الطقس ، التضاريس الأرضية المحلية والارتفاع فوق سطح الأرض . وتتغير سرعة الرياح كل دقيقة ، ساعة ، يوم ، سنة . لذلك فإن السرعة المتوسطة السنوية تحتاج أن تتوسط عبر 10 سنوات أو أكثر . ويرفع هذا المتوسط طويلة المدى من الثقة في تقدير اكتساب الطاقة الكامنة للموقع . ومع ذلك ، فإن القياسات طويلة المدى مكلفة ، ومعظم المشروعات لا تستطيع الانتظار تلك المدة . وفي هذه الحالات ، فإن بيانات المدى القصير – وليكن سنة واحدة – تقارن مع موقع قريب ذو بيانات طويلة المدى للتنبؤ بسرعة الرياح السنوية طويلة المدى عند الموقع تحت الدراسة . ويعرف ذلك بتكنيك " القياس ، والربط والتنبؤ " .

وحيث أن الرياح تتحرك بواسطة الشمس والفصول الأربعة ، فإن نمط الرياح يتكرر عبر فترة سنة واحدة . وعادة ما يوصف موقع الرياح بمتوسط بيان السرعة عبر الشهور . وأحيانا ، تتراكم البيانات الشهرية عبر السنة للإيجاز في تقرير الرياح للمواقع المختلفة. تغييرات سرعة الرياح عبر الفترة يمكن وصفها بواسطة دالة توزيع الاحتمالات .

## 14-2 توزيع احتمال ويبيل Weibull Probability Distribution

من الأفضل وصف التغيير في سرعة الرياح بواسطة دالة توزيع احتمال ويبيل  $h$  مع عدد 2 باراميتز ، الشكل  $k$  ، وباراميتز القياس  $c$  scale parameter .

ويعطي احتمال سرعة الرياح  $v$  أثناء أي فترة زمنية بالآتي بعد :

$$h(v) = \left(\frac{K}{C}\right) \left(\frac{v}{C}\right)^{K-1} e^{-\left(\frac{v}{C}\right)^K}$$

ترسم  $h$  مقابل  $v$  عبر فترة زمنية مختارة حيث :

$$h = \frac{(v+\Delta v)}{\Delta v} \text{ ، كسر من سرعة الرياح الزمنية ،}$$

بواسطة تعريف دالة الاحتمال ، فإن احتمال أن تكون سرعة الرياح بين الصفر ، مالا نهاية أثناء تلك الفترة الزمنية هي الوحدة أي أن :

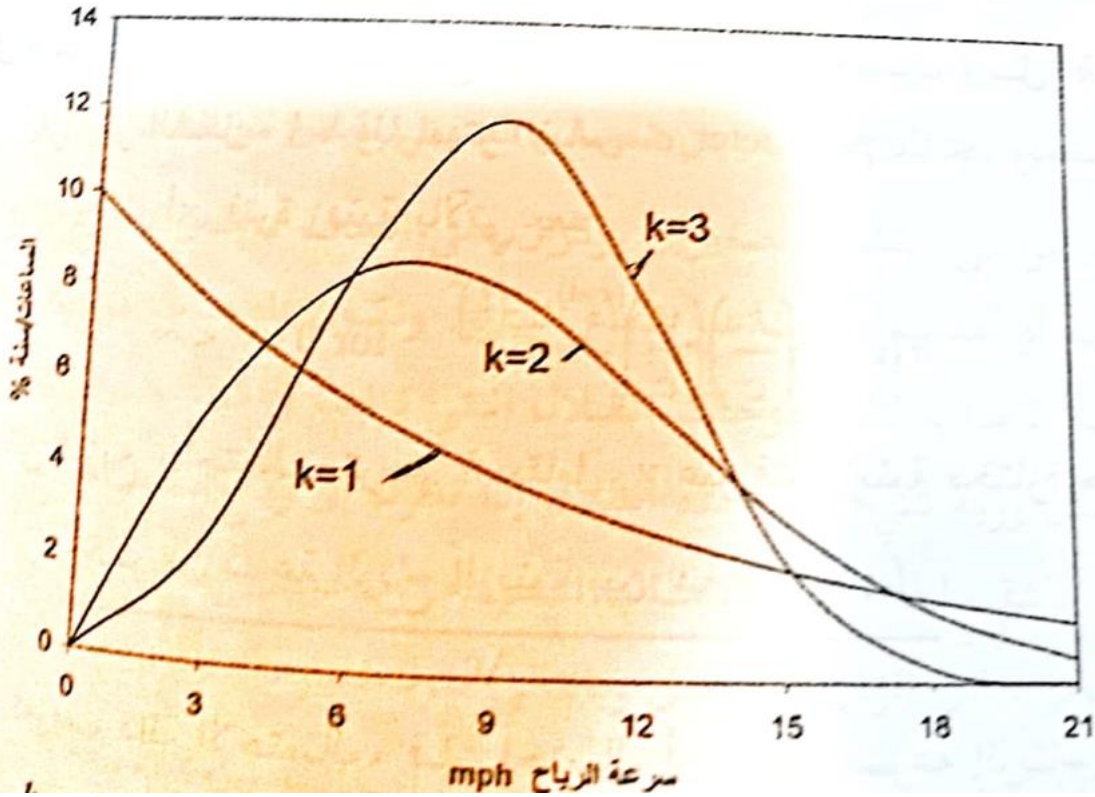
$$\int_0^{v_{\text{نهاية}}^{\text{الم}} } h \cdot dv = 1$$

في السنة يكون :

$$h = \frac{(v+\Delta v)}{v} \text{ ، عدد الساعات التي فيها الرياح بين } v$$

وحدات  $h$  هي ساعة /سنة /متر/ث ويصبح التكامل اعلاه 8760 (وهو إجمالي عدد الساعات في السنة ) بدلا من الوحدة .

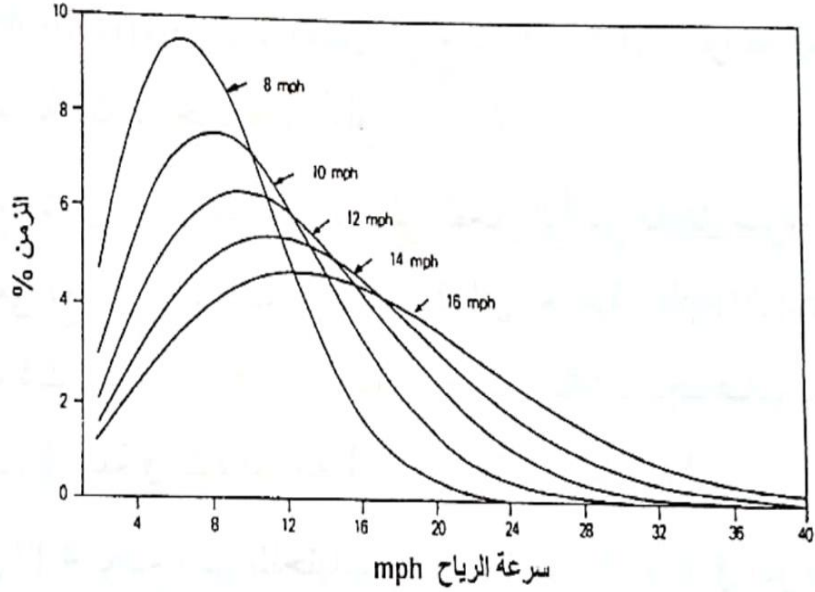
الشكل الاتي يوضح منحنيات  $(h-v)$  لثلاث قيم من  $k$  . المنحنى اليسار مع  $k=1$  له انحياز ثقيل نحو اليسار حيث معظم الأيام عديمة الرياح ( $v=0$ ) والمنحنى الذي على اليمين مع  $k=3$  يبدو مثل توزيع الجرس العادي ، حيث بعض الأيام لها سرعة رياح عالية وعدد متساوي من الأيام لها رياح منخفضة . المنحنى الذي في الوسط مع  $k=2$  هو توزيع نموذجي للرياح موجود في معظم المواقع . وفي هذا التوزيع، تكون معظم الأيام لديها سرعة أقل من المتوسطة، بينما أيام قليلة لديها رياح عالية . قيمة  $k$  تحدد شكل المنحنى، ومن هنا تسمى "باراميتر الشكل" .



شكل رقم (7-2) : يوضح دالة توزيع احتمال ويبيل مع  $c = 10$  ،  $k=1,2,3$

توزيع ويبيل مع  $k = 1$  يسمى "التوزيع الأسي" والمستخدم في دراسات الاعتمادية . وبالنسبة ل  $k > 3$  ، فهو يقترب من التوزيع العادي ، وغالبا يسمى (توزيع جاوس) أو (توزيع شكل الجرس) .

الشكل الآتي يوضح تقابل  $k = 2$  مع قيم مختلفة ل  $c$  تتراوح من  $(8\_16)$  mph ( $1 \text{ mph} = 0.446 \text{ m/s}$ ) ولقيم  $c$  الأكبر ، تزاح المنحنيات إلى اليمين أي إلى سرعات رياح أعلى . أي أن كلما ارتفعت  $c$  زاد عدد الأيام ذو السرعات العالية . وحيث أن ذلك ينقل توزيع الساعات إلى مقياس سرعة أعلى ، فإن  $c$  تسمى " باراميتير المقياس" .



شكل رقم (8-2) : يوضح توزيع احتمال ويبيل مع باراميتر شكل  $k=2$  وباراميتر مقياس من mph.

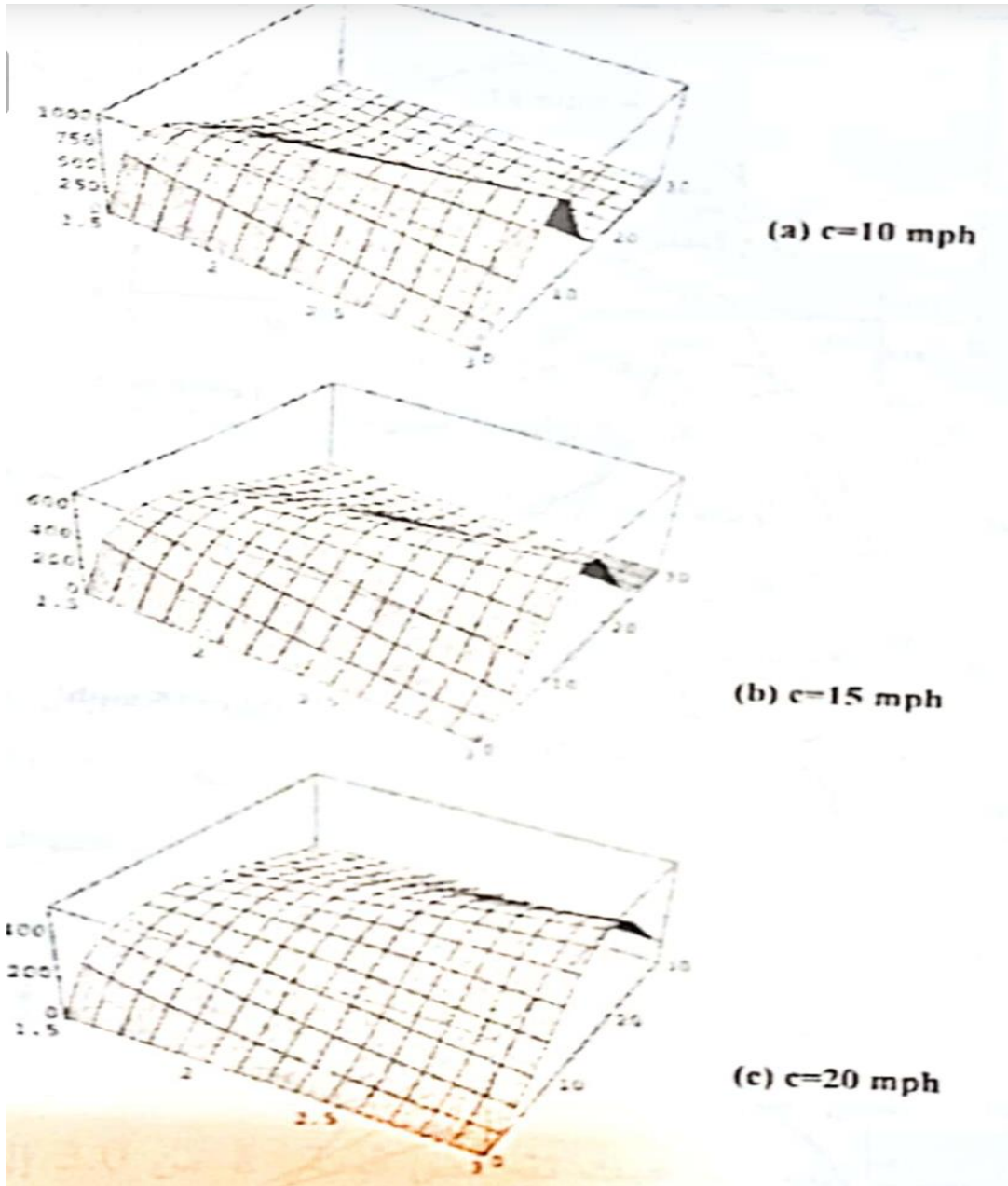
في معظم المواقع تكون سرعة الرياح لديها توزيع ويبيل مع  $k=2$  ، وهو المعروف بـ "توزيع رايلي" Rayleigh . بيانات القياس الفعلية المأخوذة عند معظم المواقع مقارنة مع توزيع رايلي موضحة في الأشكال الاتية وبذلك يكون توزيع رايلي بسيط ودقيق لتمثيل سرعة الرياح مع مجرد باراميتر واحد ، وهو باراميتر c .

والان نلخص خصائص دالة توزيع احتمالات ويبيل

-  $K=1$  يجعلها توزيع أسي  $h = \lambda e^{-\lambda v}$  حيث  $\lambda = \frac{1}{c}$

-  $K=2$  يجعلها توزيع رايلي  $h = 2\lambda^2 v e^{-(\lambda v)^2}$

-  $K > 3$  تقترب من توزيع شكل الجرس العادي



شكل رقم (9-2) : يوضح لثلاث لمنحنيات  $h_v_k$  ثلاثية الأبعاد مع  $c$  من (20\_10)،  $k$  من (5,3,1)

وهذه علاقة بسيطة جدا بين باراميتير المقياس  $c$  ،  $v_{mean}$  ويمكن استخدامها بدقة معقولة فمثلا ، معظم المواقع تقرر بدلالة سرعات الرياح المتوسطة لها . ويكون الباراميتير  $c$  في توزيع رايلي المقابل حينئذ  $C = v_{mean}/0.90$  ويكون الباراميتير  $k$  طبعا 2.0 لباراميتيرات رايلي . وهكذا ، يكون لدينا توزيع رايلي للموقع باستخدام السرعة المتوسطة العامة كلاتي :

$$h(v) = e^{-\left(\frac{v}{v_{mean}}\right)^2} e^{-\left(\frac{v}{c}\right)^2} = \frac{2v}{v_{mean}^2} \frac{2v}{c^2}$$

## 15-2 سرعة جذر متوسط المكعبات (RMC) Root Mean Cube Speed

سرعة الرياح تتناسب مع مكعب السرعة ، والطاقة المتجمعة عبر سنة هي تكامل

$h \cdot v^3 \cdot dv$  ، ولذلك ، نحن نعرف سرعة جذر متوسط المكعبات أو سرعة rmc بأسلوب مماثل لقيمة جذر متوسط المربعات rms في دوائر التيار المتردد :

$$v_{rmc} = \sqrt[3]{\frac{1}{8760} \int_0^{\infty} h v^3 \cdot dv}$$

سرعة rmc في التقدير السريع للطاقة السنوية للموقع . وباستخدام  $v_{rmc}$  في المعادلة (اعلاه) نحصل على متوسط القدرة السنوية كلاتي :

$$\text{Watts/m}^2 \quad P_{rmc} = \frac{1}{4} \rho \cdot v_{rmc}^3$$

والجدول الآتي بعد مقارنة لثلاثة مواقع من مزارع الرياح مع نفس سرعة الرياح المتوسطة ولكن مع كثافات طاقة نوعية مختلفة .

جدول رقم (2-4) : يوضح مقارنة لثلاثة مواقع بنفس السرعة المتوسطة مع كثافة هواء مختلفة.

الموقع	سرعة الرياح المتوسطة السنوية m/s	القدرة النوعية المتوسطة السنوية w/m <sup>2</sup>
كالبيرا_بورتريكو	6.3	220
شاطئ تايانا_نيويورك	6.3	285
سان كورجونيور_كاليفورنيا	6.3	365

ثم ، بضرب قيمة  $P_{rmc}$  في العدد الكلي للساعات في السنة يعطي إنتاج الطاقة السنوي للموقع.

وتتضح أهمية السرعة  $rmc$  من الجدول (اعلاه ) فهو يقارن كثافة طاقة الرياح عند ثلاثة مواقع لهم نفس سرعة الرياح المتوسطة السنوي وهي  $6.3 \text{ m/s}$  وموقع سان كورجونيور في كاليفورنيا له  $66\%$  كثافة طاقة أكبر من موقع كالبيرا في بورتريكو .ويأتي الفرق من وجود معاملات شكل مختلفة  $k$  وبالتالي سرعات  $rmc$  مختلفة ، بالرغم من أنهم جميعا لهم نفس السرعة المتوسطة السنوية .

مقارنة سرعات النسق ، المتوسطة ،  $rmc$

### Mode , Mean & rmc Speeds Compared

الفرق الهام بين سرعات النسق ، المتوسطة ،  $rmc$  موضحة في الجدول (الآتي) . وقد جمعت قيم الثلاث سرعات لأربعة بارامترات شكل وهي ( $k = 1.5, 2, 2.5, 3$ ) وثلاثة بارامترات قياس وهي (  $c = 10, 15, 20 \text{ mph}$  ) . كثافات قدرة الرياح حسب استخدام السرعات كل على حدة \_ في معادلة قدرة الرياح

$$P = \frac{1}{2} \rho v^3 \quad \text{باستخدام كثافة الهواء} \quad \rho = 1.225 \text{ kg/m}^3$$

جدول رقم (5-2) تأثير بارامترات الشكل والمقياس على سرعات النسق المتوسطة ،  $rmc$  وكثافة القدرة .

$rmc$ طاقة $kwh/year$	قدرة $rmc$ $w/m^2$	القدرة المتوسطة $w/m^2$	قدرة النسق $w/m^2$	سرعة $rmc$	السرعة المتوسطة	سرعة النسق	$K$	$C$
5366	1225	451	68	12.60	9.03	4.81	1.5	10
3565	814	426	216	11.00	8.86	7.07	2.0	
2957	675	428	331	10.33	8.87	8.15	2.5	
2685	613	436	409	10.00	8.93	8.74	3.0	
18107	4134	1521	230	18.90	13.54	7.21	1.5	15
12036	2748	1439	731	16.49	13.29	10.61	2.0	
9978	2278	1444	1120	15.49	13.31	12.23	2.5	
9053	2067	1472	1377	15.00	13.39	13.10	3.0	
42880	9790	3604	544	25.19	18.05	9.61	1.5	20
28531	6514	3410	1731	22.00	17.72	14.14	2.0	
23648	5399	3423	2652	20.66	17.75	16.30	2.5	
21462	4900	3489	3266	20.00	17.86	17.47	3.0	

ونلاحظ من الصفوف ان  $c = 15$  الآتي :

1\_ بالنسبة ل  $k = 1.5$  تكون كثافة الطاقة باستخدام سرعة النسق 230 مقابل القيمة الصحيحة  $4134w/m^2$  باستخدام سرعة  $rmc$  . نسبة القيمة غير الصحيحة إلى القيمة الصحيحة لكثافة القدرة هي 1 إلى 18 وهي فرق كبير .

2\_ بالنسبة ل  $k = 2$  كثافات القدرة باستخدام سرعات النسق  $rmc$  هي  $731w/m^2$  ,  $2748w/m^2$  على الترتيب . والنسبة 1 إلى 3.76 كثافات القدرة المناظرة مع السرعات المتوسطة ،  $rmc$  هي  $1439 w/m^2$   $2748 w/m^2$  مع النسبة 1 إلى 1.91

3\_ وفي حالة  $k = 3$  فإن كثافات الطاقة باستخدام سرعات النسق ،  $rmc$  هي  $2067w/m^2$  ,  $1377w/m^2$  علي الترتيب .

وبنسبة 1 إلى 1.5 وكثافات القدرة المناظرة مع السرعات المتوسطة ،  $rnc$  هي ،  $2067w/m^2$  ،  $1472w/m^2$  مع النسبة 1 إلى 1.4.

العمود الأخير في الجدول (اعلاه) هي الطاقة الكامنة السنوية للمواقع المختلفة بالكيلووات /ساعة /سنة /متر مربع من مساحة الريشة لقيم  $k$  ،  $c$  المعطاة . وهذه القيم محسوبة لكفاءة العضو الدوار  $C_p = 50\%$  وهي أقصى ما يتحقق عمليا .

## 16-2 توزيع الطاقة Energy Distribution

تعريف دالة توزيع الطاقة هي  $e = \frac{(v+\Delta v)^4}{\Delta v}$  مساهمة  $kwh$  في السنة بواسطة الرياح بين  $v, \Delta v$  ، وحينئذ نستشبه تلك الموجودة في الشكل الاتي ( ) وهي الخاصة بتوزيع سرعة رايلي . منحني سرعة الرياح له النسق عند  $5.5m/s$  والمتوسطة عند  $6.35m/s$  . ومع ذلك وبسبب العلاقة التكعيبية مع السرعة فإن أقصى مساهمة طاقة تأتي من سرعة الرياح عند  $9.45m/s$  . وفوق هذه السرعة ، فبالرغم من أن  $v^3$  . والنتيجة هي انخفاض عام في مساهمة الطاقة السنوية . ولهذا السبب فمن المفيد أن نصمم قدرة الرياح لتعمل عند سرعات متغيرة لكي نحصل على أقصى طاقة متاحة أثناء فترات الرياح العالية .

الشكل الاتي (رقم 2) هو رسم مماثل يوضح توزيع دوال السرعة والطاقة لباراميتير شكل 1.5 وباراميتير مقياس  $15 mph$  ، سرعة النسق تكون  $10.6mph$  ، السرعة المتوسطة تكون  $13.3$  وسرعة  $rnc$  تكون  $16.5mph$  .

دالة توزيع الطاقة لها نسق  $mode$  عند  $28.5mph$  أي أن غالبية الطاقة تلتقف عند سرعة رياح  $28.5mph$  بالرغم من أن احتمالات هبوب الرياح عند تلك السرعة منخفضة وتوضح مقارنة الشكلين الاتيين أنه كلما قلت قيمة باراميتير الشكل من 2.0 إلى 1.5 ، تتحرك أنساق السرعة والطاقة متباعدة أكثر . ومن الناحية الاخرى ، كلما اقترب توزيع السرعة من شكل الجرس ل  $k > 3$  فإن أنساق السرعة والطاقة تقتربان من بعضهما البعض .

الأشكال الاتية (3) يقارن توزيعات السرعة والطاقة مع  $k = 2$  (رايلي)،  $c = 10, 15, 20mph$  . وكما نرى هنا ، فإن السرعة النسبية بين نسق السرعة ونسق الطاقة يبقى ثابت ، بالرغم من أن كلاهما يزاح إلى اليمين مع  $c$  .

## 17-2 مسجلات البيانات الرقمية Digital Data loggers

سرعة الرياح المتوسطة خلال فترة زمنية يتم الحصول عليها بجمع عدة قراءات مأخوذة خلال الفترة ثم يقسم مجموعها على عدد القراءات. وتم تركيب مسجلات بيانات رقمية خلال العقود القليلة الماضية لتجميع بيانات سرعة الرياح المتوسطة للأغراض الجوية، لتقدير قدرة الرياح. وهي تسجل السرعة كل ساعة، ثم تستخرج المتوسط في اليوم، وبالتالي نحصل على المتوسط في الشهر وعبر السنة. وعملية استخراج المتوسط تتم كالتالي:

$$v_{avg} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n v_i$$

وكما سبق لتقدير قدرة الرياح، تكون سرعة rmc هي المهمة، مكافئ rmc لتسجيل البيانات الرقمي هي كالتالي:

$$= \sqrt[3]{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n v_i^3} v_{rmc}$$

المعادلة السابقة لا تأخذ في اعتبارها التغير في كثافة الهواء، والتي هي باراميتير أيضا في كثافة قدرة الرياح. لذلك، فإن الطريقة الأفضل لجمع بيانات قدرة الرياح هي ترفيم كثافة القدرة المتوسطة السنوية كالتالي:

$$P_{rmc} = \frac{1}{2n} \sum_{i=1}^n P_i \cdot v_i^3$$

حيث  $n$  = عدد القراءات خلال الفترة

$v_i$  = سرعة الرياح m/s في المرة  $i$

$P_i$  = كثافة الهواء  $\text{kg/m}^3$

## 18-2 تأثير الارتفاع Effect of Height

قص الرياح عند سطح الأرض يسبب زيادة سرعة الرياح مع الارتفاع حسب العلاقة الآتية:

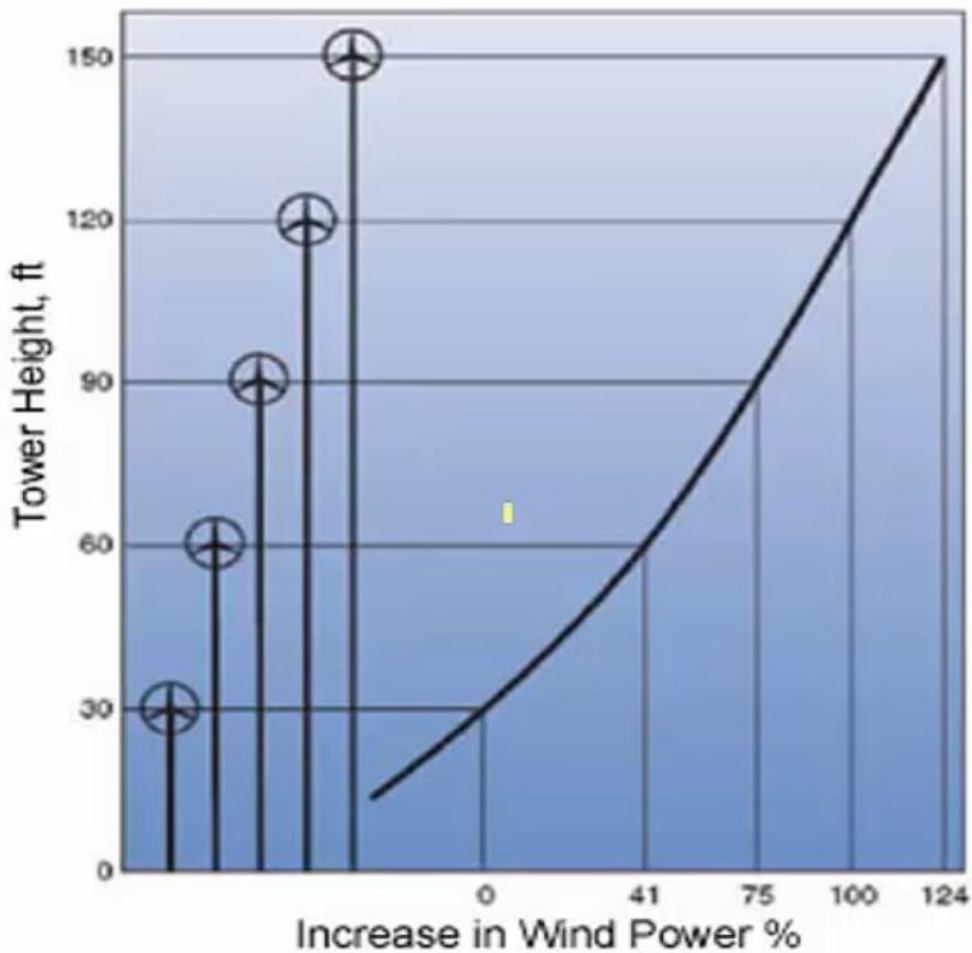
$$v_2 = v_1 \left( \frac{h_2}{h_1} \right)^\alpha$$

حيث:

$$v_1 = \text{سرعة الرياح عند الارتفاع المرجعي } h_1$$

$$v_2 = \text{سرعة الرياح المقدره عند ارتفاع } h_2$$

$$\alpha = \text{معامل احتكاك سطح الأرض}$$



شكل رقم (2-10) يوضح: تغيير ارتفاع برج التوربين من سطح الأرض.

نجد أن كل ما ارتفعنا الي اعلى يزيد من سرعة الرياح وبالتالي من الكفاءة.

جدول (2-6) معامل الاحتكاك للأراضي المختلفة.

معامل الاحتكاك $\alpha$	نوع الأرض
0.10	البحيرات، المحيطات، الأرض الصلبة الناعمة
0.15	أعشاب عالية على أرض مستوية
0.20	المحاصيل العالية، الساجات الشجرية، الشجيرات
0.25	الغابات
0.30	مدن صغيرة مع بعض الأشجار والشجيرات
0.40	منطقة مدينة مع مباني مرتفعة

معامل الاحتكاك يكون منخفضة للأرض الناعمة ومرتفع للخشنة ولا تزداد سرعته لذا يجب عمل مزارع رياح في ارتفاعات متفاوتة للحصول على سرعات عالية وتفادي التأثيرات السطحية والشكل التالي يوضح ذلك.



شكل رقم (2-11) يوضح مزارع الرياح.

## الفصل الثالث

### دراسة الرياح في شمال دارفور

## الفصل الثالث

### دراسة الرياح في شمال دارفور

#### 1-3 تمهيد :

ما يدور في الخطط المستقبلية للطاقة المتجددة إسهامها في سد جزء من الاحتياج المحلي من الطاقة ويمكن أن يستفاد من الخطط للحاجة الحالية التي تعاني منها الولاية من نقص في توفير الطاقة. وهناك إمكانية جيدة لاستغلال طاقة الرياح في ولاية شمال دارفور.

#### 2-3 طبغرافية المنطقة :

شمال دارفور هي ولاية سودانية تقع في غرب السودان عاصمتها مدينة الفاشر وهي تبعد عن العاصمة الخرطوم (802) كيلو متر، وإرتفاعها عن مستوي سطح البحر (745) متر. وهي تقع بين خطي عرض (12 ) ، (20) درجة شمالاً وخطي طول (24)، (27.6) درجة شرقاً .

#### 3-3 طبيعة المناخ في المنطقة :

هي منطقة يسودها المناخ الحار الجاف والمناخ شبه الصحراء والمناخ شبه البحر المتوسط . المناخ شبه الصحراء وهو المناخ الذي لا يتلقى الكثير من الأمطار وذلك بسبب كثرة تبخر مياه الأمطار وذلك يتوقف علي متغيرات مثل درجة الحرارة. أما المناخ شبه البحر المتوسط حيث يكون معتدلاً في أغلب أوقات السنة، تكون الأمطار فيه في كل الفصول تقريباً .

يمكن أن تصل درجة الحرارة في شمال دارفور في الشتاء (26) درجة مئوية، وتتجاوز في الصيف (29) درجة مئوية ، بينما في الخريف (31) درجة مئوية ، ومتوسط درجة الحرارة في السنة (25) درجة مئوية، وتبلغ عدد الساعات المشمسة في السنة حوالي (11) ساعة ، تهطل معظم الأمطار في الفترة ما بين (يوليو) و(سبتمبر) ويتراوح متوسط معدل هطول الأمطار السنوي فيها بين 150 إلي 350 ملي متر.

تحتل مساحة ولاية شمال دارفور أكثر من نصف مساحة إقليم دارفور ، ويشمل جزء من مساحتها جبل مرة وتتنوع التضاريس فيها بين الجبال الصخرية، والأودية ، والواحات ، وتغطي الرمال معظمها بالإضافة إلي التربة الطينية ، ويزداد هطول الأمطار كلما اتجهنا من الشمال إلي الجنوب ، أما الجزء الشمالي صحراوي ، يسكنه البدو الذين يعيشون علي الرعي مثل : رعي ( الإبل ، والضأن ، ..... الخ).

تمتاز المنطقة في الشتاء بانتشار نبات "الجزو" الكثيف الذي يحتفظ بالخضرة والرطوبة حتي شهر فبراير ، أما الأراضي في الجزء الجنوبي هي عبارة عن براري تحتوي التلال والأودية وتنتشر فيها الأعشاب والأشجار ، والزراعة ، وتعتبر الزراعة من أهم الأنشطة الاقتصادية في الولاية .

ومن أهم المحاصيل: ( الدخن ، الذرة ، والفول السوداني ، والسمسم ، وحب البطيخ ، والخضار والفاكهة ، والصمغ العربي ، والتبأك ) .

### 3-4 مصادر الرياح :

في عام 1987م أدخل قسم طاقة الرياح وفيزياء الغلاف الجوي في مختبر (RISO) الوطني برنامج تحليل وتطبيقات أطلس الرياح كأداة قوية لتحليل بيانات الرياح وتقدير مناخ الرياح وحسابات إنتاج الطاقة على مر السنين أصبح البرنامج هو المعيار الصناعي لتقييم موارد الرياح وتنشيط توربينات الرياح.

- هيئات الإرساد الجوي السودان.

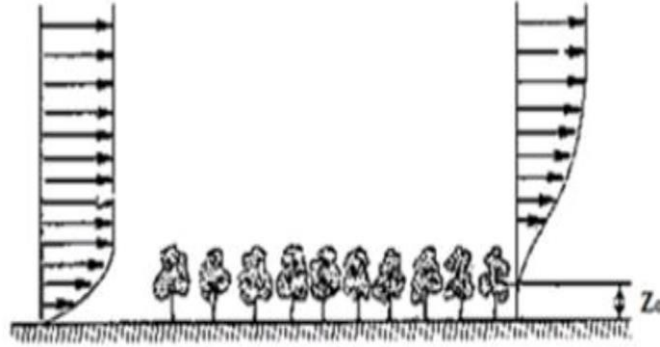
### 3-5 حصر مصادر طاقة الرياح:

إن تحليل مناخ الرياح وتحديد الموقع المثالي لتوربينات الرياح لاستغلال طاقة الرياح وموارد طاقتها يتطلب بيانات دقيقة ولمدة طويلة قد تصل إلي خمسين سنة بالإضافة إلي معرفة تفصيلية لطبيعة سطح الأرض والتضاريس وخشونة سطح الأرض والعوائق المحيطة ونقطة قياس الرياح.

ويوضح الشكل (3-1) مدى تغير سرعة الرياح مع الارتفاع عن سطح الأرض في طبقات الجو الدنيا مع تغيرها في طبقات الجو العليا وهذا التغير في طبقات الجو ناتج عن خشونة الأرض والعوائق والتضاريس.

شكل طبقات الرياح قبل العائق

شكل توزيع الرياح بعد العائق



شكل رقم (3-1) يوضح مدى تغير سرعة الرياح مع الارتفاع (تغير العوائق).

### 6-3 العوامل المؤثرة في حركة الرياح:

1 - التباين في الضغط الجوي :

فالهواء يتحرك في هيئة رياح تهب من مناطق الضغط المرتفع إلى مناطق الضغط المنخفض .  
ويشير إتجاه خطوط الضغط الجوي المتساوية على إتجاه الرياح التي تهب عادة شبه موازيي .

2 - التضاريس :

تؤثر في سرعة الرياح التي تزداد بالإرتفاع عن منسوب البحر، وتتسبب عوائق التضاريس في تغيير إتجاه الرياح ، وإنقسامها أحياناً إلى عدة شعب .

3 - قوة كوريولي :

وهي القوة الانحرافية الناشئة عن دوران الأرض حول نفسها فتتحرف الرياح إلى يمين اتجاهها الأصلي في نصف الكرة الشمالي، وإلى يسار اتجاهها الأصلي في النصف الجنوبي ، ولو افترضنا أن الأرض ثابتة لأصبحت الرياح تهب مباشرة في خط مستقيم من الضغط المرتفع إلى الضغط المنخفض.

### 3-7 التغير اليومي في سرعة الرياح:

تتغير سرعة الرياح يومياً متأثرة بالدورة اليومية لدرجة الحرارة فالرياح السطحية تكون هادئة في الليل أما بعد شروق الشمس فإن سرعة الرياح تأخذ بالزيادة إلى أن تبلغ أقصاها عند بداية فترة الظهيرة، ثم تبدأ بالتناقص تدريجياً إلى أن تبلغ أدنى حد لها قبل غروب الشمس.

أما اتجاه الرياح فيكون أكثر انتظاماً وأقل تقلباً في النهار من الليل، أما الرياح الواقعة على ارتفاعات أعلى ، فالتغير اليومي لسرعتها تكون ما هو عليه بالنسبة للرياح السطحية من حيث السرعة والاتجاه ، فهي أقوى في الليل وأكثر ثباتاً، وأما في النهار فهي تكون بطيئة ومتقطعة .

والسبب الرئيسي في تغير سرعة الرياح واتجاهها يوميا يعود الي تأثير درجة حرارة السطح على اضطرابات الهواء وعدم استقراره.

فارتفاع درجة الحرارة يجعل الهواء القريب من سطح الارض خفيفا مما يدفعه إلي أعلى ليحل محله هواء اقل حرارة يأتي من طبقات الجو الواقعة فوقه، ولهذا فإنه من الممكن أن يكون فوق سطح الارض في النهار طبقة من الهواء المضطرب، وفيها يرتفع الهواء الساخن الي أعلى ويهبط هواء أبرد منه.

وبما أن الهواء الذي يهبط يأتي من مستويات تكون سرعة الرياح فيها أعلى فإنه ينقل معه قوة دفع كبير تجعل الرياح خفيفة إلي مستويات تكون فيها سرعة الرياح أشد وأقوى وإذا إفترضنا أن ذلك الهواء يبقى محافظا علي قوة دفعه الاصلية , فإنه يسبب ركوداً في سرعة الرياح ضمن طبقات الجو التي يصلها .

أما في الليل فإن درجة حرارة سطح الأرض تأخذ بالإنخفاض ، ويصبح الهواء القريب من سطح الارض مستقراً فلا يأتي هواء من سطوح العليا إلي السطح الأسفل ولا يصعد هواء من الاسفل إلي الأعلى .

ويتوقف إنتقال قوة الدفع التي كانت سائدة اثناء النهار وهذا ما يجعل الرياح السفلى بطيئة بينما تكون الرياح العليا أكثر سرعة وإتجاهها أكثر ثباتاً.

## الفصل الرابع التطبيق النظري

## الفصل الرابع

### التطبيق النظري

#### 1-4 تمهيد:

اعتماداً على البيانات المتوفرة حالياً عن منطقة الدراسة بالإضافة إلى رئاسة محطات الرصد بالخرطوم عن المنطقة.

سوف نتناول في هذا الفصل البيانات المأخوذة من هيئة الإرساد الجوي لمحطة الفاشر والتي تقع فلكياً على خط الطول 13.37 شمال تقاطع دائرة العرض 25.20 شرقاً بمطار الفاشر الدولي هو مطار في السودان بالقرب من مدينة الفاشر التي تقع بين إحداثيات خطي عرض 13.614899635314941 والطول 25.324600219726562.

#### 2-4 البيانات :

جدول رقم (1-4) : يوضح اتجاهات وإحصائيات سرعات الرياح لعامي 2018 – 2019 من رئاسة الإرساد الجوي لمدينة الفاشر.

YEAR	MONTH	WIND DIR	WIND SPEED )SM/(	YEAR	YEAR	MIND DIR	WIND SPEED S)M/(
2018	JAN	NE	3	2019	JAN	NE	2
2018	FEP	NE	3	2019	FEP	NE	3
2018	MAR	NE	3	2019	MAR	NE	3
2018	APR	NE	3	2019	APR	NE	3
2018	MAY	NE	3	2019	MAY	NE	3
2018	JUNE	S	3	2019	JUNE	S	3
2018	JULY	S	2	2019	JULY	S	2
2018	AUGU	S	2	2019	AUGU	S	2
2018	SEPT	NE	3	2019	SEPT	S	3
2018	OCTO	NE	3	2019	OCTO	S	2
2018	NOVE	NE	2	2019	NOVE	NE	2
2018	DECE	NE	3	2019	DECE	NE	2

جدول رقم (2.4) يوضح اتجاهات وإحصائيات سرعات الرياح لعامي 2020-2021م من رئاسة الإرساد الجوي لمدينة الفاشر.

YEAR	MONTH	WIND DIR	WIND SPEED S)M/(	YEAR	MONTH	WIND DIR	WIND SPEED S)M/(
2020	JAN	NE	3	2021	JAN	NE	2
2020	FEP	NE	3	2021	FEP	NE	3
2020	MAR	NE	3	2021	MAR	NE	3
2020	APR	NE	3	2021	APR	NE	3
2020	MAY	NE	3	2021	MAY	E	3
2020	JUNE	S	3	2021	JUNE	N	3
2020	JULY	S	3	2021	JULY	S	3
2020	AUGU	S	3	2021	AUGU	S	3
2020	SEPT	CALM	2	2021	SEPT	S	3
2020	OCTO	NE	3	2021	OCTO	NE	3
2020	NOVE	N 4		2021	NOVE	NE	3
2020	DECE	NE	3	2021	DECE	NE	3

#### 3-4 الحسابات:

من البيانات التي تم الحصول عليها من هيئة الإرساد الجوي السودان نتحصل على سرعات معينة يمكن استخدامها في توليد الطاقة الكهربائية.

الافتراضات:

4-3-1 الافتراضات:

جدول رقم (3-4) يوضح الافتراضات.

$V(M/S)$	$D(M)$	$D(M)$	$D(M)$	$D(M)$	$D(M)$	$\rho$	$C_p$
3	7.5	10	12.5	15	17.5	1.26	0.333
4	7.5	10	12.5	15	17.5	1.26	0.333
5	7.5	10	12.5	15	17.5	1.26	0.333
6	7.5	10	12.5	15	17.5	1.26	0.333
7	7.5	10	12.5	15	17.5	1.26	0.333
8	7.5	10	12.5	15	17.5	1.26	0.333

4-3-2 استخدام المعادلة رقم (3)

النتائج:

جدول رقم (4-4) يوضح تغير القدرة مع القطر والسرعة ثابتة.

$P(Kw)$	$V(M/S)$	$D(M)$
0.251	3	7.5
0.446	3	10
0.696	3	12.5
1.0024	3	15
1.364	3	17.5

جدول رقم (4-5) يوضح تغير القدرة مع القطر والسرعة ثابتة.

$P(Kw)$	$V(M/S)$	$D(M)$
0.594	4	7.5
1.056	4	10
1.65	4	12.5
2.376	4	15
3.234	4	17.5

جدول رقم (6-4) يوضح تغير القدرة مع القطر.

$P(Kw)$	$V(M/S)$	$D(M)$
1.16	5	7.5
2.063	5	10
3.223	5	12
4.841	5	15
6.3164	5	17.5

جدول رقم (7-4) يوضح تغير القدرة مع القطر والسرعة ثابتة.

$P(Kw)$	$V(M/S)$	$D(M)$
2.005	6	7.5
3.56	6	10
5.569	6	12.5
8.019	6	15
10.915	6	17.5

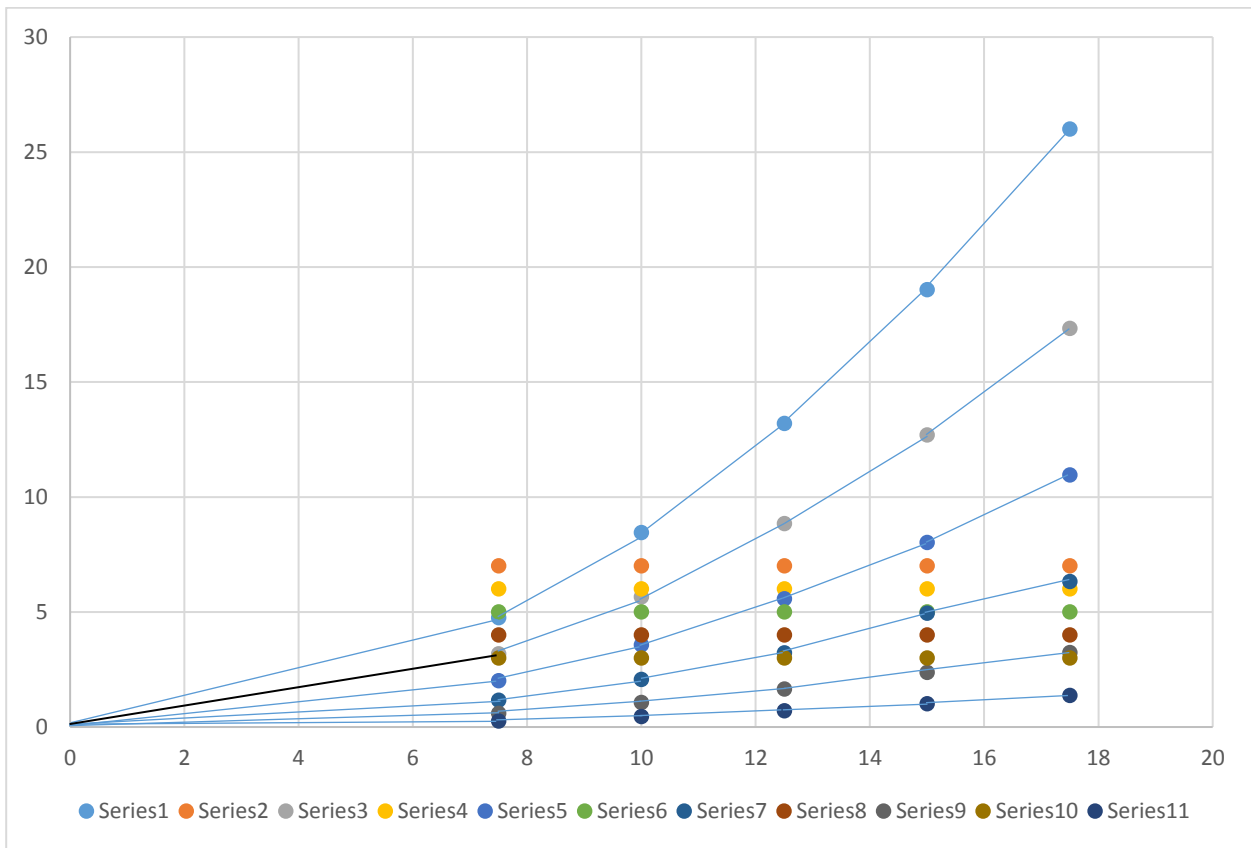
جدول رقم (8-4) يوضح تغير القدرة مع القطر والسرعة ثابتة.

$P(Kw)$	$V(M/S)$	$D(M)$
3.183	7	7.5
5.66	7	10
8.842	7	12.5
12.7	7	15
17.33	7	17.5

جدول رقم (4-9) يوضح تغير القدرة مع القطر والسرعة ثابتة.

$P(Kw)$	$V(M/S)$	$D(M)$
4.75	8	7.5
8.45	8	10
13.2	8	12.5
19.01	8	15
26	8	17.5

$P (KW)$



$D (M)$

شكل رقم (4-1) يوضح العلاقة بين تغير القطر مع السرعة.

#### 4-4 تحليل النتائج:

من البيانات المتحصلة عليها من هيئة الإرساد الجوي السودان لمنطقة شمال دارفور الفاشر نجد أن السرعة تتغير بتأثير الارتفاع.

تمت اختيار مجموعة من السرعات افتراضية في حدود (3 - 8 م/ث) مع أقطار مختلفة تنتج قدرة معقولة يمكن الاستفادة منها .

يمكن الحصول على قدرات أكبر كلما زاد السرعة والقطر.

#### 5-4 دمج طاقة الرياح مع شبكة الطاقة الكهربائية بالولاية:

يعتمد إنتاج طاقة الرياح على التغيرات المناخية.

فإن دراسة ومعرفة التغيرات المناخية والتنبؤ بها يعد شيئاً ضرورياً من أجل الحصول لطاقة كهربائية . ومن المتوقع عن نحصل على طاقة أكبر بعمل مزارع الرياح لتقوية الشبكة الوطنية للكهرباء.

#### 6-4 محطات توليد الطاقة بالولاية :

يتكون من قسمين:

القسم الأول: محطات الطاقة الحرارية.

أ/ يتكون من 2 مولد إنتاج المولد الواحد 2.5 ميغاواط وأجمالي الإنتاج فيه 5 ميغاواط .

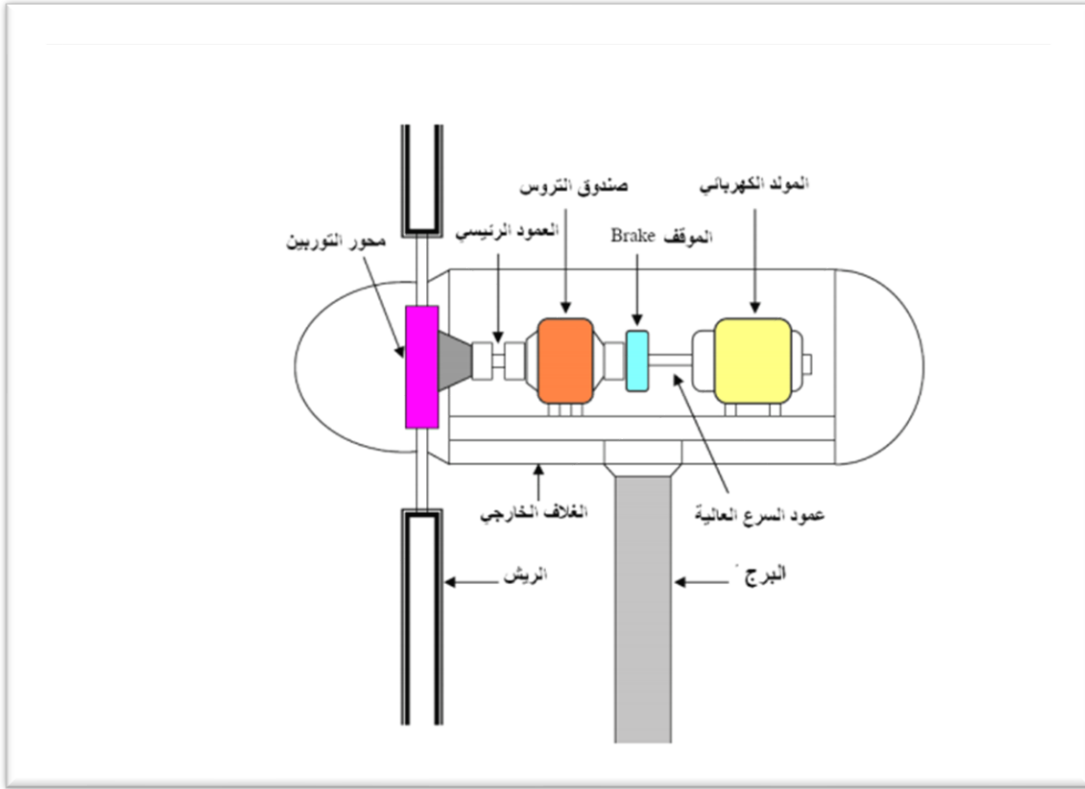
ب/ يتكون من 4 مولدات إنتاج المولد الواحد 2 ميغاواط إجمالي الإنتاج 8 ميغاواط إجمالي .

ج/ المحطة التركيبية وبه 17 مولد إنتاج الواحد 0.7 ميغاواط الإجمالي 11.9 ميغاواط .

القسم الثاني: الطاقة النظيفة

محطة الطاقة الشمسية والتي يتكون من عدد من الألواح وينتج اللوح الواحد قدرة مقدارها 325 واط إجمالي المحطة 5 ميغاواط.

نظراً لوجود المحطات أعلاه مع ذلك الولاية في حوجة لإضافة طاقة كهربائية يمكن الاستفادة من طاقة الرياح في سد الحوجة.



شكل رقم (4-2) يوضح الأجزاء الأساسية والفرعية في التوربينة

الفصل الخامس  
الخاتمة والتوصيات

## الباب الخامس

### الخاتمة والتوصيات

#### 1-5 الخاتمة:

تمت دراسة المنطقة وتم تحديد شكلية المناخ فيه والتغيرات في الرياح والعوامل التي تتأثر بها من جبال ومرتفعات والسيجات الشجرية والتضاريس.

تمت الدراسة لسرعات افتراضية، وتم حساب القدرة.

يمكن إضافة القدرة للشبكة الوطنية للكهرباء بالولاية وتخلص نسبي من اعتماد على الوقود الأحفور وتحسين البيئة من أضرار ومخلفات الديزل.

#### 2-5 التوصيات:

هنالك حوجة لمحطات أوتوماتيكية تقوم بتسجيل البيانات باستمرار على المنطقة لمعرفة سرعات الرياح بدقة.

الاستفادة من التجارب والدراسات السابقة في هذا المجال وتطويرها.

يجب إنشاء مزارع الرياح بعيداً عن المناطق السكنية وذلك لتقليل الضوضاء الصادرة منها.

توسيع الدراسات المتعلقة بطاقة الرياح وخاصةً الاتجاه الشمالي للمنطقة ووضع التصاميم المناسبة للمعدات والآلات اللازمة لاستغلالها وأيضاً التصاميم المعمارية للمباني في المحطة.

أود أن أنوه إلى أن هذا المشروع خاضع للصواب والخطأ وبالتالي هو خاضع للمراجعة والتنقيح مع مرور الزمن حتى تصبح المعلومة محدثة على قدر المستطاع.

## 3-5 المراجع :

1- أنظمة طاقة الرياح والطاقة الشمسية .

المؤلف : د. خالد محمد محروس م . صبحي سليمان .

الناشر : دار الكتب العلمية للنشر والتوزيع القاهرة – الطبعة الأولى .

2 : الات التيار المستمر.

المؤلف : م. وحيد مصطفى أحمد .

الناشر : دار الكتب العلمية للنشر والتوزيع – القاهرة – الطبعة الأولى .

3 - : توليد الطاقة الكهربائية .

المؤلف : م. وحيد مصطفى أحمد – دار الكتب العلمية للنشر والتوزيع – القاهرة - الطبعة الأولى .

4 : مصادر القدرة في المزرعة – الطبعة الأولى (1421 هجرية – 2001م) مطبعة جامعة الخرطوم .

## 4-5 الرسائل:

1- عبدالرحمن، صديق نورين علي، 2007م، جيوموفولوجية حوض وادي كتم رسالة دكتوراه ،

جامعة النيلين كلية الاداب قسم الجغرافية . ص 19، 44 .

مهندس ماجد كرم الدين محمود، كبير الخبراء الفنيين بالمركز القومي للطاقة المتجددة وكفاءة الطاقة الكهربائ  
من الرياح، القاهرة 2008 .

## 5-5 التقارير:

زيارة ميدانية إلى الهيئة القومية للإرصاد الجوي , 2022 , تقرير سنوي.

زيارة ميدانية للهيئة القومية للإرصاد الجوي، الفاشر , 2022 , تقرير سنوي.

زيارة ميدانية للتوربين الرياحي بولاية الشمالية، تقرير سنوي 2023

الملاحق

بيانات الأرصاد الجوي لمدينة الفاشر

YEAR	MONTH	WIND DIR	WIND SPEED (KNOTS)	YEAR	MONTH	WIND DIR	WIND SPED (KNOTS)
2018	JAN	NE	5	2019	JAN	NE	4
2018	FEP	NE	5	2019	FEP	NE	5
2018	MAR	NE	5	2019	MAR	NE	5
2018	APR	NE	5	2019	APR	NE	5
2018	MAY	NE	6	2019	MAY	NE	5
2018	JUNE	S	5	2019	JUNE	S	5
2018	JULY	S	4	2019	JULY	S	4
2018	AUGU	S	3	2019	AUGU	S	4
2018	SEPT	NE	5	2019	SEPT	S	5
2018	OCTO	NE	5	2019	OCTO	S	4
2018	NOVE	NE	4	2019	NOVE	NE	3
2018	DECE	NE	5	2019	DECE	NE	4

YEAR	MONTH	WIND DIR	WIND SPEED (KNOTS)	YEAR	MONTH	WIND DIR	WIND SPEED (KNOTS)
2020	JAN	NE	5	2021	JAN	NE	4
2020	FEP	NE	5	2021	FEP	NE	5
2020	MAR	NE	5	2021	MAR	NE	6
2020	APR	NE	5	2021	APR	NE	5
2020	MAY	NE	5	2021	MAY	E	5
2020	JUNE	S	5	2021	JUNE	N	5
2020	JULY	S	5	2021	JULY	S	5
2020	AUGU	S	5	2021	AUGU	S	5
2020	SEPT	CALM	4	2021	SEPT	S	5
2020	OCTO	NE	5	2021	OCTO	NE	6
2020	NOVE	N	4	2021	NOVE	NE	
2020	DECE	NE	3	2021	DECE	NE	