دراسة جدوى فنية لإستخدام طاقة الرياح في المنشات الهندسية مثل توليد الكهرباء في منزل

Technical study of using wind energy in electric power generation of a house

إعـــداد : osama Mohammed Elmardi Suleiman

Faculty of Engineering and Technology

Nile Valley University

عبد الله الشيخ عبد الله ابشر

وداعة احمد محمد جبريل

مشروع تخرج كمطلوب تكميلي لنيل درجة بكلاريوس الشرف

في الهندسة الميكانيكية

قسم الهندسة الميكانيكية

كلية الهندسة والتقنية

جامعة وادي النيل

سبتمبر 2010م

دراسة جدوى فنية لإستخدام طاقة الرياح في المنشات الهندسية مثل توليد الكهرباء في منزل

إعـــداد :

عبد الله الشيخ عبد الله ابشر 205B 010

وداعة احمد محمد جبريل 205B 031

إشراف الأستاذ:

أسامة محمد المرضي

مشروع تخرج كمطلوب تكميلي لنيل درجة بكلاريوس الشرف

في الهندسة الميكانيكية

قسم الهندسة الميكانيكية

كلية الهندسة والتقنية

جامعة وادي النيل

سبتمبر 2010م

الآيــة

بسم الله الرحمن الرحيم

قَالَ تَعَالَىٰ:

﴿وَهُوَ ٱلَّذِىٓ أَرۡسَلَ ٱلرِّيَٰحَ بُشۡرَۢا بَيۡنَ يَدَىۡ رَحۡمَتِهِۦۚ وَأَنزَلۡنَا مِنَ ٱلسَّمَآءِ مَآءً طَهُورًا﴾

سورة الفرقان: ٤٨

الإهـــــداء

(إلى أبي)

ذاك القابض على جمر الانتظار في صبر والذي أفنى عمره ليرانا يوماً كما يتمنى ويريد ..

تأكد بان قلوبنا مليئة بالتقدير والاحترام لك

(إلى أمي)

كان لابد أن أهديك ثمرة جهدي الذي كان لك فيه القدح المعلى بصبرك وجهدك وعطفك ودعوتك التي كانت خير معين لي في مسيرتي ..

(إلى إخواني الأعزاء)

الذين قدموا الغالي والنفيس ...يا قدوة المحبة والبسالة والتضحية لكم مني ... حباً ووفاءاً وعرفاناً.

إلى كل من اضاف إلى حصيلة معرفتي حرفاً منذ نعومة أظافري... **أساتذتي الإجلاء**

إلى رفقاء الدرب الطويل زملائي ...عطبرة مدينة وإنساناً .

شكـــر وعرفـــــان

الشكر أولا وأخرا لله عز وجل الذي وفقنا لإتمام هذا البحث

ولابد لنا ونحن نخطو خطواتنا الأخيرة بهذه الحياة الجامعية من وقفة نعود إلى أعوام قضيناها في رحاب الجامعة مع أساتذتنا الكرام الذين قدموا لنا الكثير باذلين جهوداً كبيرة في بناء جيل الغد .

وقبل أن نمضي نقدم أسمى آيات الشكر والامتنان والتقدير والمحبة

إلى الذين حملوا أقدس رسالة في الحياة .

إلى الذين مهدوا لنا طريق العلم والمعرفة إلى جميع أساتذتنا الأفاضل

(كن عالما : فان لم تستطع فكن متعلما ، فان لم تستطع فحب العلماء ، فان لم تستطع فلا تبغضهم)

ونخص بالتقدير والشكر الأستاذ الجليل

أسامة محمد المرضي سليمان

الباحثان

فهرس المحتويات

الترقيم	الموضوع	رقم الصفحة
	الآية	II
	الإهداء	III
	شكر وعرفان	IV
	فهرس المحتويات	V
	فهرس الجداول	VII
	فهرس الأشكال	VIII
	الملخص	IX
الفصل الأول : مقدمة		
1.1	طاقة الرياح عبر العصور	2
1.2	تعريف طاقة الرياح واسباب نشوئها ومسبباتها	3
1.3	الإمكانيات المتاحة لطاقة الرياح	4
1.4	العوامل التي تؤثر على استخدام طاقة الرياح	4
1.5	تأثير الوسط المحيط والارتفاع	5
1.6	الهدف من الدراسة	6
الفصل الثاني : التأثيرات البيئية لاستخدام طاقة الرياح		
2.1	الفوائد البيئية	8
2.2	المحددات البيئية المكتسبة	8
الفصل الثالث : منشات تحويل طاقة الرياح الى طاقة كهربائية		
3.1	طواحين الهواء	11
3.2	كيفية عمل العنفات (التوربينات) الريحية	11
3.3	تأثير عدد الريش	14
3.4	القدرة والطاقة المستخلصة من عنفات (توربينات) الرياح	15
3.5	الحد من الاستطاعة والفصل عند العواصف	16
3.6	الأجزاء الأساسية للتوربين	17

الفصل الرابع : دراسة الرياح في السودان

4.1	أنواع المناخ في السودان	25
4.2	أنظمة الرياح في السودان	27
4.3	متوسط سرعة الرياح في السودان	27
4.4	الجو العاصف في السودان	27
4.5	الخيارات الممكنة لاستخدام طاقة الرياح في السودان	29
4.6	تطبيقات طاقة الرياح في السودان	29

الفصل الخامس : دراسة حالة

5.1	خصائص تخمين سرعة الرياح في موقع	33
5.2	بيانات القياسات الجوية المتاحة	34
5.3	المسح الجغرافي للموقع المستهدف بالدراسة	38
5.4	الاستفادة من طاقة الرياح في منزل ريفي	39

الفصل السادس : المناقشة

6.1	حساب التكلفة	44
6.2	المقارنة بين التكلفة الكلية لتوليد الطاقة الكهربائية حرارياً وباستخدام طاقة الرياح	45

الفصل السابع : الخاتمة والتوصيات

7.1	الخاتمة	48
7.2	التوصيات	48
	المراجع	49

فهرس الجداول

الجدول	رقم الصفحة
جدول (1) متوسط سرعة الرياح السنوي والمتوسط الشهري الأقصى والادني لبعض المدن المختارة في السودان	29
جدول (2) تفاوت ارتفاعات و سرعات وقدرات الرياح في حوالي 60 محطة في السودان	36
جدول (3) الأجهزة الكهربائية للمنزل	40
جدول (4) مواصفات خاصة بالتوربين(WT2500)	41
جدول (5) تفاصيل فنية خاصة بالتوربين (WT2500)	41

فهرس الأشكال

الشكل	رقم الصفحة
شكل رقم (1) يوضح تصميم داريوس	12
شكل رقم (2) توربينة افقية المحور	13
شكل رقم (3) يوضح تأثير عدد الريش	14
شكل رقم (4) انفصال التيار عند سرعات الرياح العالية	16
شكل رقم (5) انحراف الريشة عند السرعات المختلفة للرياح باستخدام اسلوب معايرة الريش	17
شكل رقم (6) يوضح الاجزاء الأساسية والفرعية للتوربين	18
شكل رقم (7) يوضح الريش	19
شكل رقم (8) يوضح الصرة او المحور	20
شكل رقم (9) يوضح البرج	20
شكل رقم (10) يوضح اعمدة الدوران	21
شكل رقم (11) يوضح الجسم الخارجي للتوربين	21
شكل رقم (12) يوضح جهاز سيطرة الانحراف	22
شكل رقم (13) خريطة توضح توزيع الرياح في السودان	28
شكل رقم (14) يوضح المسقط الجانبي والأمامي لتوربين أفقي	42
شكل رقم (15) يوضح التوربين الأفقي	42

الملخص :

من خلال الدراسة الفنية لطاقة الرياح في السودان ومن خلال تحليل بعض البيانات التي تم رصدها بواسطة مصلحة الأرصاد الجوي لعدة سنوات لمجموعة مختارة من مدن السودان ، بالإضافة لبعض الدراسات التي قام بها معهد أبحاث الطاقة لبعض المناطق بالسودان ، تم تحديد المناطق الواعدة لتطبيقات طاقة الرياح المختلفة في مجال ضخ المياه وتوليد الطاقة الكهربائية وتم بيان ان للسودان مورد مقدر من طاقة الرياح التي يمكن الاستفادة منها في عدة تطبيقات .

من الأهداف الرئيسية لهذا البحث والتعرف على إمكانية استخدام طاقة الرياح كمصدر لإمداد الطاقة لتشغيل بعض المنشآت الهندسية مثل التوربينات ، المولدات، المضخات وغيرها في السودان ، حيث تم عمل دراسة فنية لاختيار موقع مناسب للاستفادة القصوى من طاقة الرياح وذلك حسب البيانات المتوفرة عند العديد من المواقع في السودان من حيث ارتفاعها ، مبانيها ومنشآتها ، ومعوقات مرور تيارات الرياح ، سرعات الرياح واتجاهاتها . ومنها تم اختيار مدينة كريمة كموقع مثالي لتجهيز منزل متوسط بالاحتياجات الأساسية للطاقة الكهربائية .

من خلال المفاضلة بين استخدام محرك ديزل أو توربينة رياح مصنعة محلياً أو مستوردة سيتم اختيار توربينة رياح مصنعة محلياً بنفس المواصفات الفنية للمستوردة وذلك لعامل الكلفة الاقتصادية وسهولة الصيانة والتصنيع .

الفصل الأول

المقدمة

الفصل الأول

المقدمة

1.1 طاقة الرياح عبر العصور :-

من خلال الدراسات المتوفرة والإحصاءات السابقة نصل إلى حقيقة أن طاقة الرياح من أقدم أنواع الطاقات التي استخدمها الإنسان وهي احدي أنواع الطاقات المتجددة التي استقلها الإنسان منذ عصور ما قبل التاريخ .

استخدم الإنسان منذ آلاف السنين طاقة الرياح وتطبيقاتها في إنتاج الحركة ودفع الأشياء فاستخدمت لتسيير السفن عبر البحار والمحيطات ، كما استخدمت لإدارة الطواحين الهوائية لرفع مياه الآبار . كما استفاد الأوربيون من الشرق في هذا المجال في تطوير الطواحين الهوائية ذات المحور الأفقي في القرن الثاني عشر للميلاد حيث بدا في هولندا واستخدمت في ضخ المياه وكذلك في روسيا ، وأنتجت الولايات المتحدة أول طاحونة ضخمة لإنتاج الكهرباء .

ولكن بعد الثورة الصناعية في أوربا استخدمت طاقة الرياح كغيرها من مصادر الطاقة المتجددة ولكن بصورة ضيقة جداً الى ان ظهر شبح نفاذ مصادر الطاقة التقليدية (الفحم ، الغاز ، النفط) ، واقحام البترول في العلاقات السياسية بين الدول كما حدث إثناء حرب اكتوبر 1973م ، حيث قامت الدول العربية المنضوية تحت لواء منظمة الاوبك لتجديد سقوفات الانتاج لشركات التنقيب وبالتالي التحكم في سعر البترول . هذا الاجراء دفع دول الاتحاد الاوربي وامريكا وروسيا في التفكير في ايجاد وسائل بديلة للطاقة مثل طاقة تيارات المياه ، الرياح ، الطاقة الشمسية ، طاقة باطن الارض وغيرها من الطاقات الغير تقليدية وتطويرها خلال النصف الثاني من القرن العشرين وذلك حتى يتم الاستغناء تدريجياً عن البترول ومشتقاته .

انتشر استخدام الرياح في توليد الطاقة في نهاية القرن السابق في المناطق الساحلية وهذا التطور شهدته كل من الولايات المتحدة وأوروبا ، غير ان الدول العربية بعد اكتشاف البترول فيها تناست هذا المجال واستخدمت المصادر التقليدية للطاقة .

1.2 تعريف طاقة الرياح وأسباب نشوئها ومسبباتها :-

الرياح ما هي الا طاقة بحد ذاتها تعمل على تحريك كتلة الهواء الساكن العديم الطاقة . تنتج طاقة الرياح من اختلاف الضغط الجوي بين منطقتين نتيجة اختلاف درجة حرارة الهواء فيما بينهما (تأثير الشمس – أساسي في نشوء الرياح) هذا يؤدي إلى تحريك كتل الهواء من منطقة الضغط المرتفع إلى منطقة الضغط المنخفض ، وبفعل دوران الأرض حول نفسها من الغرب إلى الشرق تنحرف الرياح إلى يمين خط سيرها في نصف الكرة الشمالي والى يساره في نصف الكرة الجنوبي .

أما تغيراتها فتتأثر الرياح السطحية بصورة رئيسية نتيجة التغيرات الطبوغرافية لسطح الأرض حيث تتغير سرعة الرياح في الموقع الواحد بتغير خشونة الأرض من ارتفاعات وتلال او بتغير الحالة الجوية السائدة أو بتوزيع الضغط الجوي .

في فصل الصيف مثلاً وفي النهار تحديداً وبسبب التسخين الكبير لطبقة الهواء القريبة من سطح الأرض يتشكل حمل حراري بسبب اختلاط الهواء فتنتقل كمية الحرارة للهواء العلوي ذي السرعة العالية إلى المستويات السطحية مؤدية إلى زيادة سرعة الرياح في النهار عنه في الليل .

وعموماً هناك نوعان من التغيرات :-

أ. تغيرات فجائية : وهي لا تدوم الا لفترة قصيرة ولا تؤخذ بعين الاعتبار الا في حساب مدى مقاومة المنشاة .

ب. تغيرات تدريجية : وهي تؤخذ بعين الاعتبار عند حساب الطاقة المستمدة من الرياح وذلك في منطقة معينة .

1.3 الإمكانيات المتاحة لطاقة الرياح :-

بعد مسح المساحة الكلية على سطح الكرة الأرضية للمناطق المناسبة لنصب توربينات الرياح فيها ، قام فريق من علماء الطاقة في عام 1991 بتقدير الإمكانيات النظرية المتاحة في العالم في هذا المناطق فكانت 2000 تيراواط – ساعة السنة (Twh year) (1 تيرواط = 10^{12})، وهذه تعادل ضعف الاستهلاك العالمي للطاقة الكهربائية في عام 1987 والذي كان 900 تيراواط – ساعة . وبعد الأخذ في الاعتبار المحددات المختلفة التي تواجه نصب مثل هذه المنظومات ، توصل هذا الفريق إلى انه يمكن نصب عنفات الرياح بسعة 450000 ميغاواط (1 ميغاواط = 10^6واط) إلى عام 2020م، هذه الكمية ستقوم بتوليد ما يقارب 900 تيراواط – ساعة في السنة وهو ما يعادل 10%من الاستهلاك الحالي العالمي للطاقة و3.5% من الاستهلاك المتوقع في عام 2020م، طبقاً لتقدير مجلس الطاقة العالمي . وهذه الكمية المتولدة ستمنع انبعاث 800 مليون طن من ثاني اكسيد الكربون لو ان توليد الطاقة الكهربائية تم من المحطات التي تستخدم الفحم الحجري .

1.4 العوامل التي تؤثر على استخدام طاقة الرياح :-

من أهم العوامل التي تؤثر على استخدام طاقة الرياح ما يلي :-

1. تعتبر سرعة الرياح من أكثر العوامل التي تؤثر على استخدام هذه الطاقة وقد أوصت الدراسات التي أجريت في هذا الصدد على تركيب المراوح الهوائية في الأماكن التي تقل عندها سرعة الهواء في المتوسط عن 12.8km/h ولا تقل عن حد معين تحدد قيمته عدة عوامل منها :-

   أ. حجم الجهاز المستخدم في عملية التحويل .

   ب. ارتفاع المكان الذي سيركب عليه الجهاز .

ت. كما يجب معرفة خصائص الرياح الأخرى في المنطقة المعينة والمتمثلة في تفاوت سرعة الرياح واتجاهاتها وفترات نشاطها خلال العام إذ أن اختلاف السرعات خلال اليوم وخلال العام في الموقع المحدد يتحكم في حجم الوحدات المراد تركيبها .

2. تؤثر درجات الحرارة والرطوبة النسبية والغبار الذي يحمل معه ذرات الرمل الصغيرة على عمل المروحة الهوائية وأجزائها خصوصاً المحامل (Bearing) وعلى عمرها التشغيلي .

1.5 تأثير الوسط المحيط والارتفاع :-

تقاس سرعة الرياح في أكثر الأحيان عند ارتفاع 10m وقد تتغير هذه السرعة عند الانتقال إلى مناطق أكثر ارتفاعاً تبعد عن الأولى بمقدار بضع مئات الأمتار وفي المواقع التي تؤثر فيها الرياح بشكل عمودي يمكن توقع أن ترتفع سرعة الرياح إلى ما يعادل الضعف وبالعكس عند الجهة التي لا تواجه الرياح يمكن توقع انخفاض واضح في سرعة الرياح .

ويمكن أن يؤدي وجود أجسام أو نباتات أو عدم انتظام في مستوى الأرض بالقرب من المنطقة إلى كبح شديد لسرعة الرياح . ولا تلعب العوائق الكبيرة المختلفة في محطات التوليد للطاقة بالرياح أي دور إذا وجد الجزء الدوار في منطقة أعلى بثلاث مرات من ارتفاع العائق، أو إذا كانت محطة طاقة الرياح بعيدة بمسافة كافية عن العائق وفي الحالات الحدية تصل هذه المسافة إلى 35 ضعفاً من ارتفاع العائق وإذا لم تتم مراعاة هذه الأبعاد، فقد تنتج دوامات رياح شديدة تؤدي إلى انخفاض في الطاقة التي يمكن الحصول عليها .

غالباً ما يكون ارتفاع مركز المحور (الصرة) لمحطات الرياح أكثر من 10m بكثير ، وبازدياد الارتفاع تزداد سرعة الرياح ، لان عدم الاستواء على سطح الأرض يكبح الريح .

1.6 **الهدف من الدراسة** :-

يهدف هذا البحث أساساً إلى دراسة مدى الجدوى الفنية لاستخدامات طاقة الرياح في المنشات الهندسية في السودان وبالتالي ومن خلال مسمي البحث يمكن تلخيص بعض الأهداف الاساسية والثانوية للبحث فيما يلي :-

1/ التعريف بطاقة الرياح ومسبباتها عموماً .

2/ دراسة سلوك الرياح في السودان خلال فصلي الصيف والشتاء وأثناء ساعات النهار والليل.

3/ دراسة منشات تحويل طاقة الرياح إلى طاقة ميكانيكية أو كهربائية .

4/ دراسة حالة لكيفية استغلال طاقة الرياح للاستخدام في منزل ريفي .

5/ التأثيرات البيئية لاستخدام طاقة الرياح .

6/ مراجعة المبادئ الاساسية لانظمة انتاج الطاقة بالرياح .

7/ تقديم اهم الاعتبارات لتحليل مشروع انتاج الطاقة بالرياح .

الفصل الثاني

التأثيرات البيئية لاستخدام طاقة الرياح

الفصل الثاني

التأثيرات البيئة لاستخدام طاقة الرياح

إن لتطور استخدام طاقة الرياح فوائد ومحددات بيئية ، ولتوسيع إنتاج الطاقة من هذا المصدر يجب أن تكون الفوائد في حدها الأعلى بينما تكون المحددات في حدها الادني .

2.1 الفوائد البيئية :-

إن توليد الطاقة الكهربائية من طاقة الرياح لا يتضمن انبعاث ثاني أكسيد الكربون أو سقوط الأمطار الحامضية أو ملوثات أخرى . فاستخدام طاقة الرياح يقلل الاعتماد على الوقود التقليدي والوقود النووي. وبالإضافة إلى ذلك فان العنفات الريحية لا تحتاج إلى مصادر إمداد مياه كبعض المصادر التقليدية والمتجددة .

2.2 المحددات البيئية المكتسبة :-

المشاكل البيئية الناتجة عن استخدام منظومات طاقة الرياح هي :

2.2.1 ضجيج التوربين الريحي :-

يوجد نوعان للضجيج : أولهما يصدر من المعدات الكهربائية و الميكانيكية المستخدمة في تقنية طاقة الرياح كصندوق التروس والمولد ، وهذا يسمى بالضجيج الميكانيكي أما ثانيهما فهو ناتج من تداخل تيار الهواء مع الريش ويسمى بالضجيج الايروديناميكي .

والضجيج الميكانيكي (Mechanical Noise) هو المشكلة الرئيسية ولكن من السهل تخفيضه باستخدام مجمع تروس اكثر هدوءاً أو وضع الأدوات الميكانيكية في هياكل معزولة لتخفيف الصوت . أما الضجيج الايروديناميكي (Aerodynamic Noise) فيعتمد على شكل الريشة ، والتداخل بين الهواء والريشة والبرج ، وحافة الريشة ورأسها ، وعلى كون الريشة تعمل أم ساكنة ، ونوعية الرياح، ويزداد الضجيج الايروديناميكي عادة مع سرعة الدوران ، ولهذا فان قسماً من العنفات يكون مصمماً للدوران بسرعة قليلة عند ما تكون سرعة الرياح قليلة .

2.2.2 التداخل الكهرومغناطيسي :

عند نصب عنفات الرياح بالقرب من مناطق تستخدم الراديو والتلفزيون والمرسلات والمستقبلات فانه من المحتمل جداً أن تنعكس بعض الموجات بطريقة تجعل الموجات المعكوسة تتداخل مع الموجات الأصلية قبل وصولها إلى الجهاز ، وهذا قد يسبب تشوها في الموجة التي تصل الى المستخدم وينشا التداخل الكهرومغناطيسي من نوع مادة الريش وشكلها فإذا كانت الريش مصنوعة من معدن فان التداخل محتمل الحدوث إذا كانت العنفة قريبة من مناطق وجود هذه الأجهزة ، أما الريش الخشبية فانها عادة تمتص الموجات بدلاً من عكسها ، والأبراج المربعة تعكس أكثر من الأبراج المدورة وذلك لزيادة مساحة سطحها ، وأكثر المنظومات تأثيراً بهذا النوع من الضجيج التلفزيونات .

2.2.3 التأثيرات البصرية :

تتحدد هذه التأثيرات بعدة عوامل مثل حجم العنفة وتصميمها ، وعدد الريش ولونها ، وعدد وترتيب العنفات في الحقل ، ويتحدد قبول بعض المواطنين بوجود العنفات الربحية بعدة عوامل أهمها عامل الثقافة وفهم مختلف التقنيات ، ورأيهم في أفضل مصدر من مصادر الطاقة وللصحف والمجلات التي تنشر أحياناً الأخبار عن مصادر الطاقة المختلفة تأثير كبير في موقف بعض المواطنين ، وفي دراسة أجريت في المملكة المتحدة عام 1989م تبين أن 35% من المواطنين الذين كونت منهم العينة اعتبروا ان منظومات طاقة الرياح تساهم في تشويه المنظر .

الفصل الثالث

منشات تحويل طاقة الرياح إلى طاقة كهربائية

الفصل الثالث

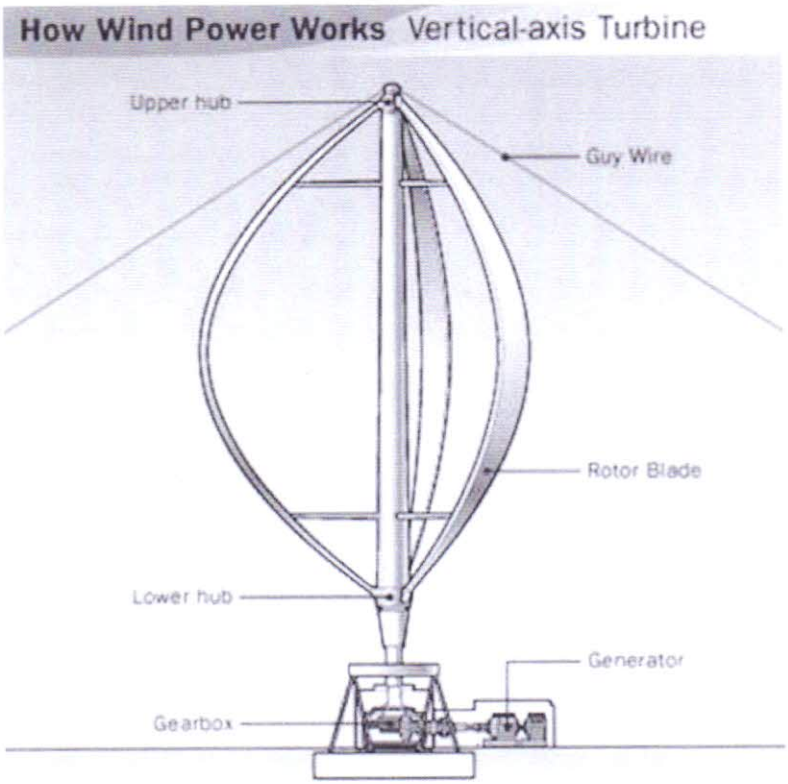
منشآت تحويل طاقة الرياح إلى طاقة كهربائية

3.1 طواحين الهواء :-

تعتبر طاقة الرياح من أقدم مصادر الطاقة التي استغلت منذ بداية الحضارات ، وكان يعتقد ان الرياح لم تستخدم في العصور القديمة إلا لتسيير القوارب الشراعية ، لكن الشواهد تؤكد ان استغلال هذا المصدر لتدوير طواحين الهواء يرجع إلى أكثر من 4000عام ، وكان مجال استخدامها في طحن الحبوب وبعض المواد الأخرى وقطع الأخشاب وضخ المياه وغيرها ، ان طواحين الهواء الحديثة والتي عرفت لاحقاً باسم توربينات الرياح تتكون من نوعين يتميزان عن الطواحين القديمة وهما التوربينات الافقيه المحور (Horizontal Axis Wind Turbine) والتوربينات العمودية المحور (Vertical Axis Wind Turbine) ويستخدمان لتوليد الطاقة الكهربائية بقدرات تتراوح بين عشرات من الواط إلى عدة ميغاواط .

3.2 كيفية عمل العنفات (التوربينات) الربحية :-

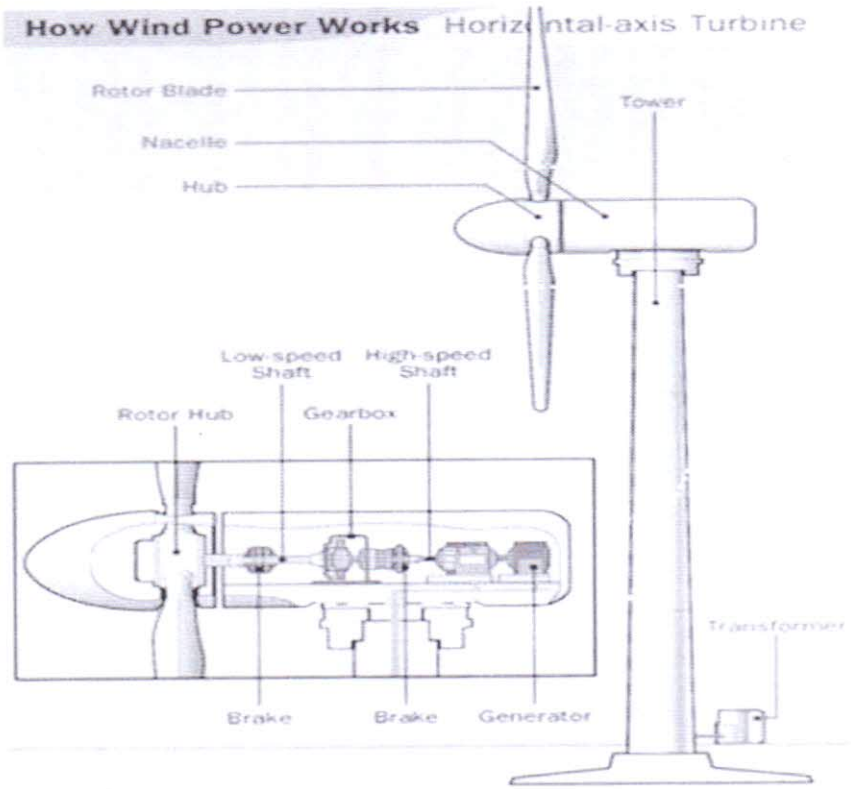
عندما تتحدّث عن توربينات الرياح الحديثة سترى تصميمين أساسيين: المحور الأفقي (HAWT) والمحور العمودي(VAWT) ، توربينات الرياح ذات المحور العمودي (VAWT) نادرة جداً وإن الوحيد حالياً في الإنتاج التجاري لهذه التوربينات هو (داريوس) الذي أنتج نوع توربينات مثل مخفقة البيض. إن العمود في (VAWT) مركب على محور عمودي على الأرض وهو يصطفّ دائما مع الريح، على خلاف نظراءه ذوي المحور الأفقي لذلك لن يكون من الضروري تعديله عندما يتغيّر اتجاه الريح لكن الـــ (VAWT) لا يستطيع البدء بالتحرّك لوحده فهو يحتاج لدفع من نظامه الكهربائي للبدء ولديه أسلاك مشدودة للدعم بدلاً من البرج ولذلك فإن ارتفاع الدوّار منخفض أكثر وإن الارتفاع المنخفض يعني رياح أبطئ لذا فإن الـــ (VAWT)عموماً أقل فعالية من الـــ.(HAWT)



شكل رقم (1) يوضح تصميم داريوس

قد تستعمل (VAWT) للتوربينات ذات النطاق الضيق ولضخّ الماء في المناطق الريفية البعيدة ولكن تستخدم توربينات الرياح ذات المحور الأفقي (HAWT) بنطاق أوسع بكثير.

إن عمود التوربينات ذات المحور الأفقي (HAWT) مركب أفقياً ومتوازي مع الأرض وهو يحتاج لآلة تعديل الانحراف من أجل أن يثبت نفسه ضد الرياح ويشمل نظام الانحراف هذا محركات كهربائية وصناديق التروس التي تقوم على تحريك كامل الدوّار إلى اليسار أو اليمين بمقادير صغيرة ويقوم بتعديل موقع الدوّار لأسر أكبر كمية متوفرة من طاقة الرياح وتستخدم التوربينات ذات المحور الأفقي برج لرفع المكوّنات الأساسية للتوربين إلى أقصى ارتفاع من أجل سرعة الريح وهي تأخذ مساحة صغيرة من الأرض في حين يبلغ طولها تقريباً 260 قدم (80 متر) في الهواء.



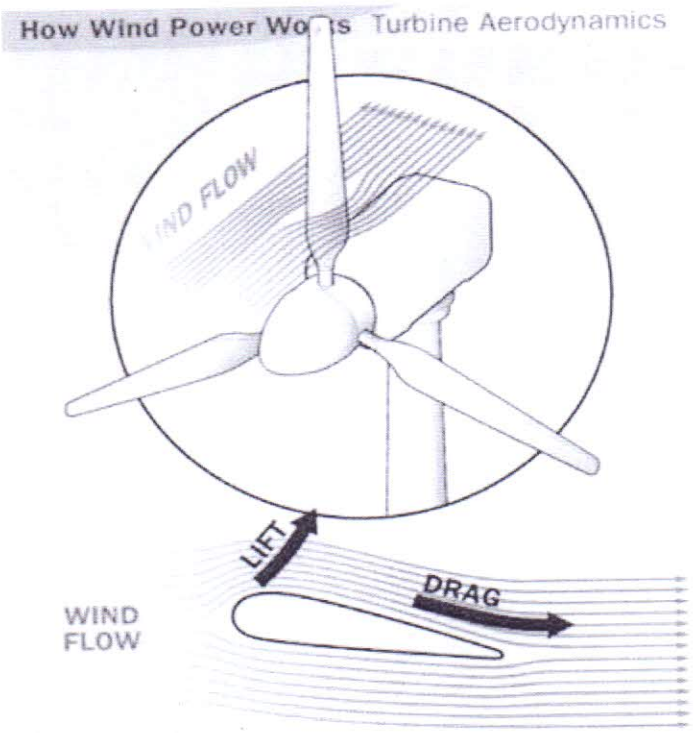
شكل رقم (2) يوضح توربينة افقية المحور

تقوم العنفات الريحية الأفقية والعمودية باستغلال قوى ديناميكا الهواء المتولدة بواسطة الصفائح الهوائية (Aero Foils) لاستخلاص الطاقة من الرياح وكل من هذين النوعين يستخلص الطاقة بطريقة مختلفة.

ففي العنفات الأفقية الثابتة ، ومع اعتبار محور الدوران في اتجاه واحد مع اتجاه الرياح لسرعة رياح معينة وسرعة دوران معينة . تبقي زاوية الهجوم (Angle of Attack) لاي موضع على الريش ثابتة خلال فترة الدوران (تعرف زاوية الهجوم بأنها الزاوية التي يصنعها جسم مع اتجاه سريان الهواء مقاسه على خط ثابت في الجسم) أما في العنفات العمودية وفي نفس الظروف فان زاوية الهجوم في موقع على الريش تتغير بشكل ثابت خلال فترة الدوران . وخلال الشغل الاعتيادي للمحور الأفقي للجزء الدوار فان اتجاه الرياح على الصفيحة الهوائية يبقي ثابتاً . وفي حالة العنفات العمودية فان

زاوية الهجوم تتغير من موجب الى سالب ، والى موجب خلال كل دورة ، وهذا يعني ان جانب الشفط ينعكس خلال كل دورة لضمان استخلاص الطاقة في حالتي كون زاوية الهجوم موجبة او سالبة .

3.3 تأثير عدد الريش :-



شكل رقم (3) يوضح الريش

الشفرات التوربينية شكلها يشبه كثيراً شكل أجنحة الطائرة حيث استخدم بها تصميم السطح الانسيابي أي أن سطح الشفرة يدوّر بعض الشّيء في أحد جهاتها وتكون مستوية نسبياً في باقي السطح وهي ظاهرة معقّدة جداً وقد تتطلّب في الحقيقة دكتوراه في الرياضيات أو الفيزياء لفهمها بالكامل وفي تفسير مبسّط لها عندما تمر الريح على الجهة المائلة باتجاه الرّيح للشفرة يجب أن تتحرّك بسرعة أكبر للوصول إلى نهاية الشفرة في الوقت المناسب لتقابل الريح التي تمر على القسم المسطح. الديناميكيا الهوائية ليست اعتبار التصميم الوحيد في خلق توربين رياح فعّال وهناك أيضاً أمور الحجم وأطوال الشفرات التوربينية فإنه بقدر ما يمكن أن يأسر التوربين طاقة من الريح بقدر ما يمكن أن يولد

الكهرباء وبشكل عام فإن مضاعفة قطر الدوّار ينتج أربعة أضعاف زيادة في إنتاج الطاقة وفي بعض الحالات في المناطق ذات سرعة رياح منخفضة يستطيع الدوّار ذو القطر الأصغر أن ينتهي بإنتاج طاقة أكثر من دوّار أكبر لأنه إذا كان التكوين أصغر فسيأخذ طاقة رياح أقل لتدوير المولّد الأصغر لذا فإن التوربين يمكنه بلوغ القدرة الكاملة دائماً تقريباً وإن ارتفاع البرج عامل رئيسي في إنتاج الطاقة أيضا فإن التوربين الأعلى قادر على أسر طاقة أكثر لأن سرعة الريح تزيد بزيادة الارتفاع وإن الاحتكاك الأرضي ومستوى الأجسام الأرضية يقاطعان تدفق الريح ويخمن العلماء بأن كل مضاعفة في الارتفاع تزيد 12 بالمائة من سرعة الريح.

3.4 القدرة والطاقة المستخلصة من عنفات (توربينات) الرياح :-

كمية القدرة التي تنتجها عنفة الرياح تتغير مع سرعة الرياح وكل عنفة لها خصائص معينة فكمية الطاقة التي تنتجها العنفة (التوربين) تتم بمعرفة المعدل السنوي لسرعة الرياح في موقع ما فأن المعادلة أدناه يمكن استخدامها لتقدير الطاقة التى تستطيع أن تولدها العنفة بالكيلو واط ساعة في السنة لعدد من العنفات .

الطاقة المتولدة تساوى = $K\,\overline{V}^{3}\,AT$

الثابت K = 2.5 وهو معامل يعتمد على خصائص اداء العنفة

$\overline{V}$ = المعدل السنوي لسرعة الرياح (متر /ثانية) في الموقع .

A = المساحة التي تشغلها العنفة بالمتر المربع .

T = عدد العنفات .

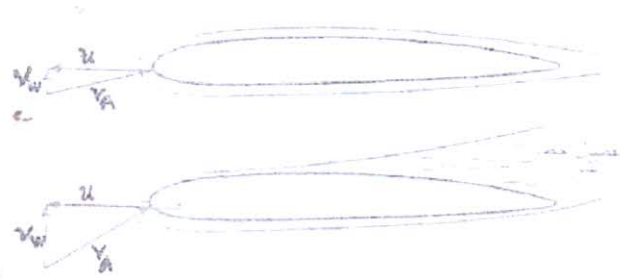
يجب استخدام هذه المعادلة بحذر لانها تعتمد على خصائص عنفات الرياح الموجودة حالياً ، وافتراض علاقة تقريبية بين المعدل السنوي لسرعة الرياح وتوزيع تغيرات سرعة الرياح والتي يمكن ان تكون غير دقيقة في المواقع المختلفة .

وافضل طريقة لايجاد توزيع سرعة الرياح في موقع معين هو قياس سرع الرياح باجهزة تسجيل عدد الساعات التي تتحقق بها هذه السرعات في كل مدى لسرعات الرياح ، وكلما زاد عدد القياسات المسجلة كان التقدير اكثر دقة ، ولان القدرة تتناسب مع مكعب السرعة ($P \alpha v^3$) فان أي خطأ قليل في تقدير السرعة يولد خطأ كبير في حساب الطاقة المتولدة ، وهناك عامل اخر يؤثر على الطاقة المتولدة وهو فقودات نقل الطاقة ، وصلاحية العنفة للعمل . فصلاحية عمل العنفة وامكانيتها على التوليد بدون مشاكل يقلل من فقودات الطاقة .

3.5 **الحد من الاستطاعة والفصل عند العواصف** :-

ترتبط الاستطاعة المسحوبة من المنشاة بسرعة الرياح ، ولكن بعد الوصول الى الاستطاعة الاسمية ، أي بعد تجاوز السرعة الاسمية للرياح ، فان الاستطاعة يجب ان تظل ثابتة حتى لا يحمل المولد بحمولة زائدة . ولهذا الغرض يجب وجود وسيلة للحد من استطاعة محطة طاقة الرياح وهناك طريقتان :-

1. طريقة التحكم عبر الكبح (Stall)



شكل رقم(4) يوضح انفصال التيار عند سرعات الرياح العالية

في هذه الطريقة يتم استخدام حقيقة انفصال خطوط التيار الهوائي عن الريش عند ما يندفع التيار الهوائي بزاوية دخول كبيرة كما في الشكل اعلاه وهكذا يضيع اثر الدفع والاستطاعة القادمة من الرياح الى الدّواره التي تصبح بذلك محدودة .وفي محطات طاقة الرياح المضبوطة بهذه الطريقة يتم المحافظة على سرعة دوران الدوارة (وكذلك السرعة المحيطية) ثابتتين ، وهكذا فان السرعات

المرتفعة للرياح V_w تؤدي إلى زيادة زاوية الدخول ، ان الريشة الدوارة نفسها في هذه الطريقة من التحكم لا تتم معايرتها اذ أن زاوية معايرة الريشة تبقى ثابتة ، ويتحقق التحكم بانفصال خطوط التيار الهوائي عن طريق إجراءات تصميميه وبدون تكاليف عالية .

2. طريقة تدوير الريشة (معيارتها) (Pitch) :

شكل رقم (5) يوضح انحراف الريشة عند السرعات المختلفة للرياح باستخدام اسلوب معايرة الريش

عند فصل محطة طاقة الرياح بسبب العواصف فانه يمكن معايرة الريش الدّوارة بحيث ترفرف عليها الرياح كأنها علم ، وبهذه الطريقة يمكن الحد من الاستطاعة وتحاشي حدوث اضرار في محطة طاقة الرياح ، وفي المنشات التي يتم التحكم فيها بواسطة انفصال خطوط التيار الهوائي يتم دمج مكابح ايروديناميكية ، حيث يوضع راس الريشة الدوارة مثلاً بحيث يكون قابلاً للدوران ويستطيع هذا الراس ان يدور بمقدار 90 درجة وان يكبح محطة طاقة الرياح .

3.6 الأجزاء الاساسية للتوربين :-

1- الريش : Blades

2- الصرة او المحور : hub

3- عمود الدوران : axial shaft

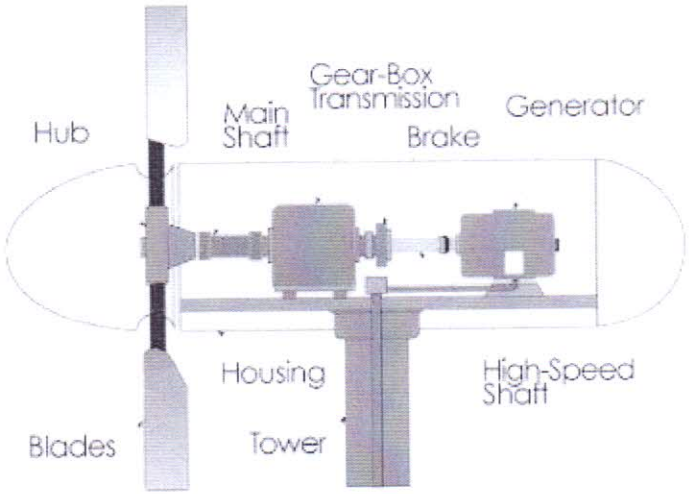
4- البرج :tower

5-الجسم الخارجى:outer body

6- هيكل المحرك

7- اجهزة كهربائية

8- القاعدة : base



شكل رقم (6) يوضح الأجزاء الاساسية والفرعية في التوربينة

<u>الأجزاء الاساسية :-</u>

أولا : الريش (Vanes)

تعد من أكثر الأجزاء تعرضا للاجهادات وذلك للأسباب الاتية:

- تقع خارج جسم التوربينة لذلك هي عرضة للمؤثرات الخارجية
- طول الريش حيث تتميز الريش في التوربينات الكبيرة بزيادة كبيرة في الطول قد تصل إلى 60م

تلك الأسباب أدت إلى الحاجة لاستخدام مواد تتميز بجسائة (rigidity) عالية ذات مقاومة عالية للكلال (fatigue) , الانهيار (fracture) , ,الزحف (creep) .

فكانت المواد المستخدمة كالاتى :-

الصلب عالى الكربون (High Carbon Steel)

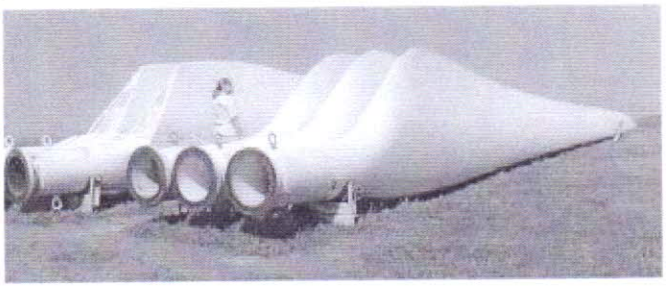
لما يتمتع به من قوة عالية ومتانة ولكن نظرا للتطلع إلى زيادة الحجم فان النظر سوف يتوجه حول المواد الخفيفة ذات المقاومة العالية للاجهادات لان خفة الوزن وقلة التكلفة هي السبب في منافسة هذا النوع من التوربينات للأنواع الأخرى سوف يتم التفكير في معدن اخف وزن واقل تكلفة وله نفس المميزات مما يحقق أفضلية في التصنيع مثل :-

الياف الزجاج المقوى (GRP : glass fiber-reinforced-plastic)

وهى تعد من أكثر المواد المستخدمة نظرا لخفة الوزن والمقاومة العالية للاجهادات والمقاومة ضد الكسر والتآكل و الصدأ .

فتيل البلاستك المقوى (CFRP :filament-reinforced-plastic)

وتتميز الألياف الكربونية بمقاومة تزيد أربع مرات عن الفولاذ وإنها اقوي المواد المركبة وأخفها من حيث الوزن .



شكل رقم (7) يوضح الريش

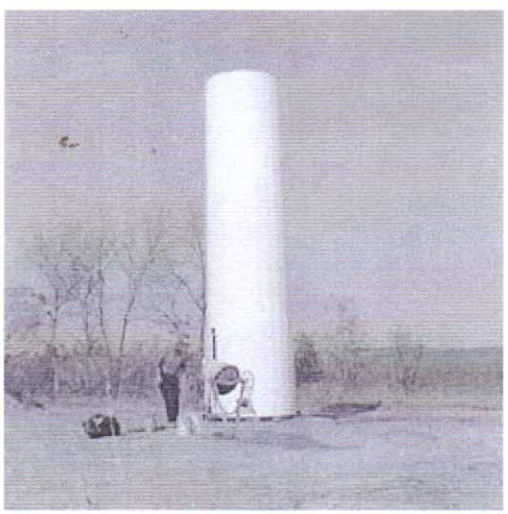
ثانيا : الصرة أو المحور (Hub)

تعتبر القاعدة التي تثبت بها الريش وتكون متصلة بعمود الدوران عن طريق رومان بلى . ونظرا لأنها تتأثر بوزن الريش والحمل المتكرر نتيجة الدوران فيجب أن تصنع من مواد شديدة المقاومة للاجهادات وبسبب تعقد الشكل لذلك تصنع بالسباكة (casting) لسبائك الزهر القوية (strong iron alloy, called: cast iron SG) .

شكل رقم (8) يوضح الصرة او المحور

ثالثا: البرج (THE TOWER)

يمثل الدعامة التي ترتكز عليها الأجزاء العليا وهو يمثل 65% من وزن التوربينة لذلك لابد أن يصنع من مادة عالية الجساءة و المقاومة لتحمل التأثيرات الجوية و الاهتزازات الناتجة ونظرا للارتفاع و الوزن الكبير فهو يصنع من أجزاء من الحديد الانشائى او الانبوبى(tubular steel or Fabricated structural iron) حيث تكون معرضة للكثير من الأحمال لذلك لابد أن تصمم من مواد ذات مقدرة عالية على تحمل الضغوط مثل الخرسانة سابقة الإجهاد (Prestressed Concrete).



شكل رقم (9) يوضح البرج

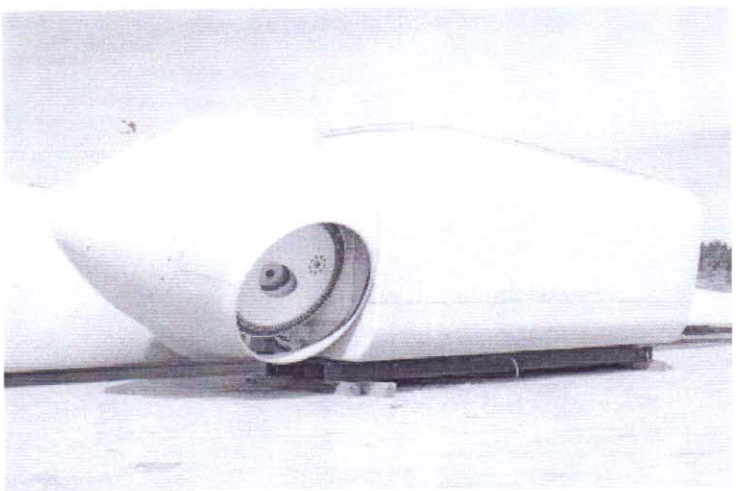
رابعا : عمود الدوران (axial shaft)

وهو المسئول عن توصيل الحركة الناتجة عن الريش إلى المولد لذلك يجب أن يصنع من مادة تتحمل الاجهادات الناتجة من الحمل المتكرر وتكون مقاومة للصدأ مثل الصلب المصلد (Steel hardened and tempered).

شكل رقم (10) يوضح أعمدة الدوران

خامسا : الجسم الخارجي (Outer frame)

يجب إن يصنع من مادة قوية مقاومة للصدأ والتآكل ويجب ان يكون خفيف الوزن لكي لا يمثل عبء وتصنع من ألياف الزجاج (Fiber Glass).

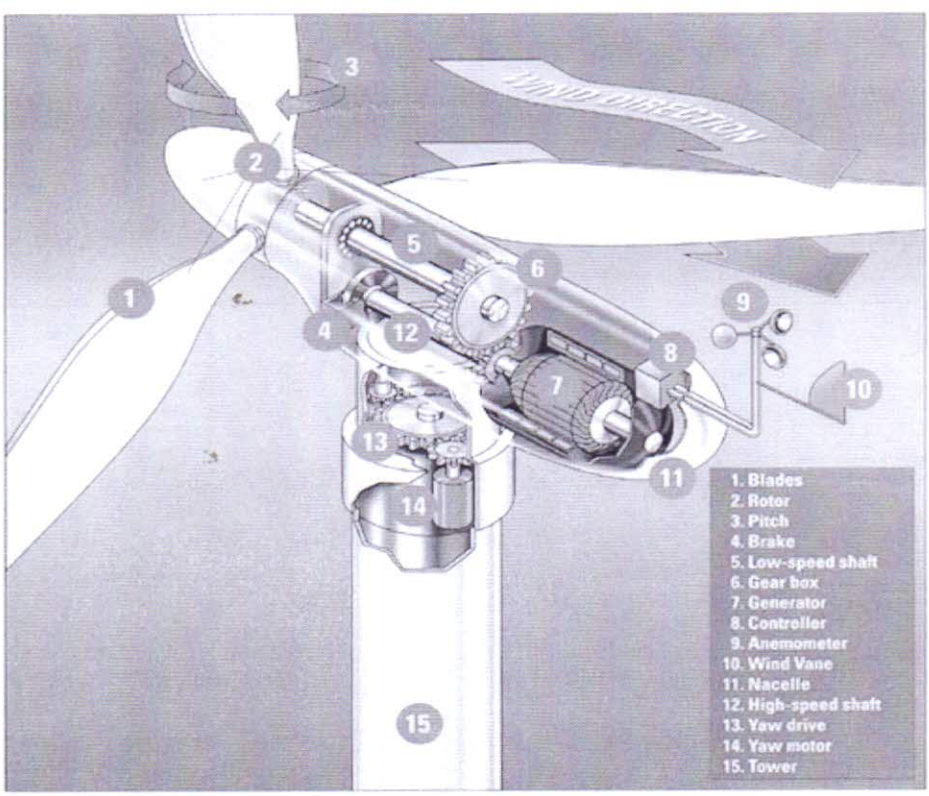


شكل رقم (11) يوضح الجسم الخارجي للتوربين

سادساً : هيكل المحرك وهو غطاء يحوي:

- صندوق تروس: يزيد سرعة العمود بين مركز الدوّار والمولّد.
- مولّد: يستعمل الطاقة التدويرية من العمود لتوليد كهرباء باستخدام الكهرومغناطيسية.
- وحدة سيطرة إلكترونية: نظام مراقبة يوقف التوربين في حال حدوث عطل ويسيطر على آلية الانحراف.
- كابحات: توقّف دوران العمود في حال وجود طاقة زائدة أو فشل في النظام.
- جهاز سيطرة انحراف:

ان جهاز سيطرة التوربين يراقب ناتج التوربين الكهربائي ففي سرعة الرياح التي تزيد عن 45 ميل في الساعة سيكون الناتج الكهربائي عالي جداً وفي هذه المرحلة يقوم الجهاز المسيطر باخبار الريش على تعديل ميلانها لكي تصبح غير مصطفة مع الرياح وهذا يبطئ دوران التوربين .



شكل (12) يوضح جهاز سيطرة انحراف

سابعاً : أجهزة كهربائية تجلب الكهرباء من المولّد في الأسفل خلال البرج وتسيطر على العديد من عناصر أمان التوربين.

ثامناً : قاعدة الهيكل (base Frame)

هى الجزء الذي يثبت عليه الأجزاء الداخلية بالإضافة الى الهيكل الخارجي لذلك لابد أن تكون مادة قوية تتحمل الاجهادات والضغوط وبسبب تعقد الشكل تصنع بواسطة السباكة فتكون المادة المفضلة: سبائك الحديد الزهر(Iron alloy Cast)

لما تتميز به من التحمل العالي للضغوط ، مقاومه الصدمات وكتم الاهتزازات .

الفصل الرابع

دراسة الرياح في السودان

الفصل الرابع

دراسة الرياح في السودان

بدأ السودان كأحد الدول المهمة والمهتمة بدراسة طاقة الرياح وإمكانية استغلالها والاستفادة منها لذلك فقد احتلت تنمية واستغلال طاقة الرياح في السودان مكانة متميزة من بين مشاريع دراسة المصادر البديلة .

من الخطط الإستراتيجية للطاقة المستقبلية إسهامها في سد جزء من الاحتياج المحلي من الطاقة ويمكن أن تستخلص من خلال الخطط الحالية أن هناك إمكانية جيدة لاستغلال طاقة الرياح في مناطق الولايات الشمالية (دنقلا) والمناطق الشرقية(بورتسودان) وبعض المناطق في الوسط (ود مدني).

بدأ استغلال طاقة الرياح في السودان منذ العام 1993م حيث أجريت العديد من الدراسات لمعرفة مدى إمكانية استغلال طاقة الرياح في السودان وكانت هناك العديد من المشاريع في هذا المجال .

4.1 أنواع المناخ في السودان :

يغطي السودان مساحة تقدر بحوالي 2.51 مليون كيلومتر مربع $(km)^2$ والتي تمثل 8.3% من مساحة قارة أفريقيا وحوالي 1.7% من مساحة العالم . يقدر الطول الأقصى بـــ 2100km ، والذي يمتد من من نمولي القرب الحدود مع يوغندا عند خط عرض 3.5^0N الى شلاتين قرب البحر الأحمر عند خط عرض 23^0N. أما العرض الأقصى فيقدر بحوالي 1800km من الجنينة بالقرب من الحدود مع دولة تشاد عند خط طول 21.75^0w إلى ساحل البحر الأحمر بالقرب من طوكر عند خط طول 38.5^0E .

تعتبر تضاريس القطر عموماً مسطحة باستثناء بعض التلال في شرق ووسط السودان والجبال في غرب وجنوب السودان .حوالي 25% من مساحة السودان تكون اقل من 400m فوق مستوى سطح البحر وحوالي 20% تقع بين (400-500m) فوق مستوي سطح البحر وحوالي 50% تقع بين (500-1200m) فوق مستوى سطح البحر وحوالي 5% تقع بين (1200-3500m) .

هنالك نوعان من المناخ في السودان ، شبه مداري ومداري . في المنطقة الشمالية للقطر ذات المناخ شبه مداري يسود فيها مناخ الصحراء بتباين عالي في درجات الحرارة وبدون هطول للأمطار ، في المنطقة الجنوبية ذات المناخ المداري يسود فيها مناخ ممطر استوائي ، وبين هاتين المنطقتين تنخفض معدلات الأمطار والرطوبة من الجنوب الى الشمال وتزداد درجات الحرارة خلال فصل الصيف وتنخفض خلال فصل الشتاء . تعزي التفاوتات الموضعية في المناخ لجبال النوبة في الوسط الغربي للسودان جبل مرة في الغرب ومنطقة السدود في جنوب السودان .يعتبر ساحل البحر الأحمر هو المنطقة الوحيدة في القطر التي تتأثر بنسمات البحر .

كنتيجة لوجود مناخين في السودان فان طول المواسم في السودان يتفاوت وفقاً لخطوط العرض . تكون هنالك أربعة فصول في وسط وشمال السودان حيث يمتد فصل الشتاء من ديسمبر إلى فبراير ، رياح المونسون (monsoon) المتقدمة من مارس الى مايو ، ورياح المونسون من يونيو إلى سبتمبر ورياح المونسون المتأخرة من أكتوبر إلى نوفمبر يحظ جنوب السودان بسته أشهر ممطرة وستة أشهر جافة .

تكتسب طاقة الرياح اهمية متزايدة في العالم ، هذا التطور السريع لتقنية طاقة الرياح وتسويقها له ضمنيات كبيرة للعديد من البشر والمؤسسات ، كمثال للعلماء الذين يبحثون ويدرسون قدرات الرياح المستقبلية والمهندسين الكهربائيين في الجامعات والمهنيين في المؤسسات الكهربائية الذين يحتاجون فعلاً لفهم التأثيرات الموجبة والسالبة المعقدة التي تواجة طاقة الرياح في نظام القدرة أيضا لصانعي توربينات الرياح ، ولمطوري مشاريع طاقة الرياح حتى يتمكنوا من تطوير مشاريع ذات جدوى ، وحديثة وذات تكلفة معقولة .

في قطر مثل السودان و الذي يمتلك شبكة كهربائية قومية محدودة وقصور حاد في منتجات البترول وعدم وجود إمدادات كافية خاصة في المناطق الريفية لهذه الأسباب المذكورة أعلاه يكون من الأهمية بمكان البحث عن مصدر بديل خاصة المتاح معها محلياً ، طاقة الرياح هي إحدى هذه الخيارات المحلية ، فالرياح هي واحدة من المصادر الضخمة للطاقة الطبيعية ، فهي تعتبر مجانية وعادة ما

تكون متوفرة خلال ساعات الليل والنهار لإنتاج القدرة الاقتصادية لتشغيل محطات الضخ وتوليد الكهرباء .

4.2 أنظمة الرياح في السودان :ـ

الأهداف الرئيسية من عمل قاعدة بيانات لمسار الرياح في السودان يمكن تلخيصها فيما يلي :

1/ تحليل قدرات طاقة الرياح في السودان باستخدام بيانات الرياح المتاحة للقطر .

2/ غربلة البيانات المدونة وتطوير تقديرات مضبوطة لطاقة الرياح المتاحة في السودان .

3/ التعرف على خصائص الرياح المطلوبة من اجل تصميم أنظمة تحويل طاقة الرياح .

4.3 متوسط سرعة الرياح في السودان :ـ

نجد أن الموضع أو الموقع المناسب والصحيح للتوربين الهوائي وكذلك الحجم من أهم الأشياء التي تساعد على إعطاء معلومات جيدة عن متوسط سرعة الرياح في السودان للموقع . فالمتوسط السنوي للرياح يستخدم لوصف الأماكن العامة التي توجد بها رياح متوفرة . أما المتوسط الشهري واليومي يستخدم في اكثر التحليلات دقة والتي تمثل علاقة زمنية بين طاقة الرياح المتوفرة والطلب (الاحتياج) للطاقة بالتفصيل .

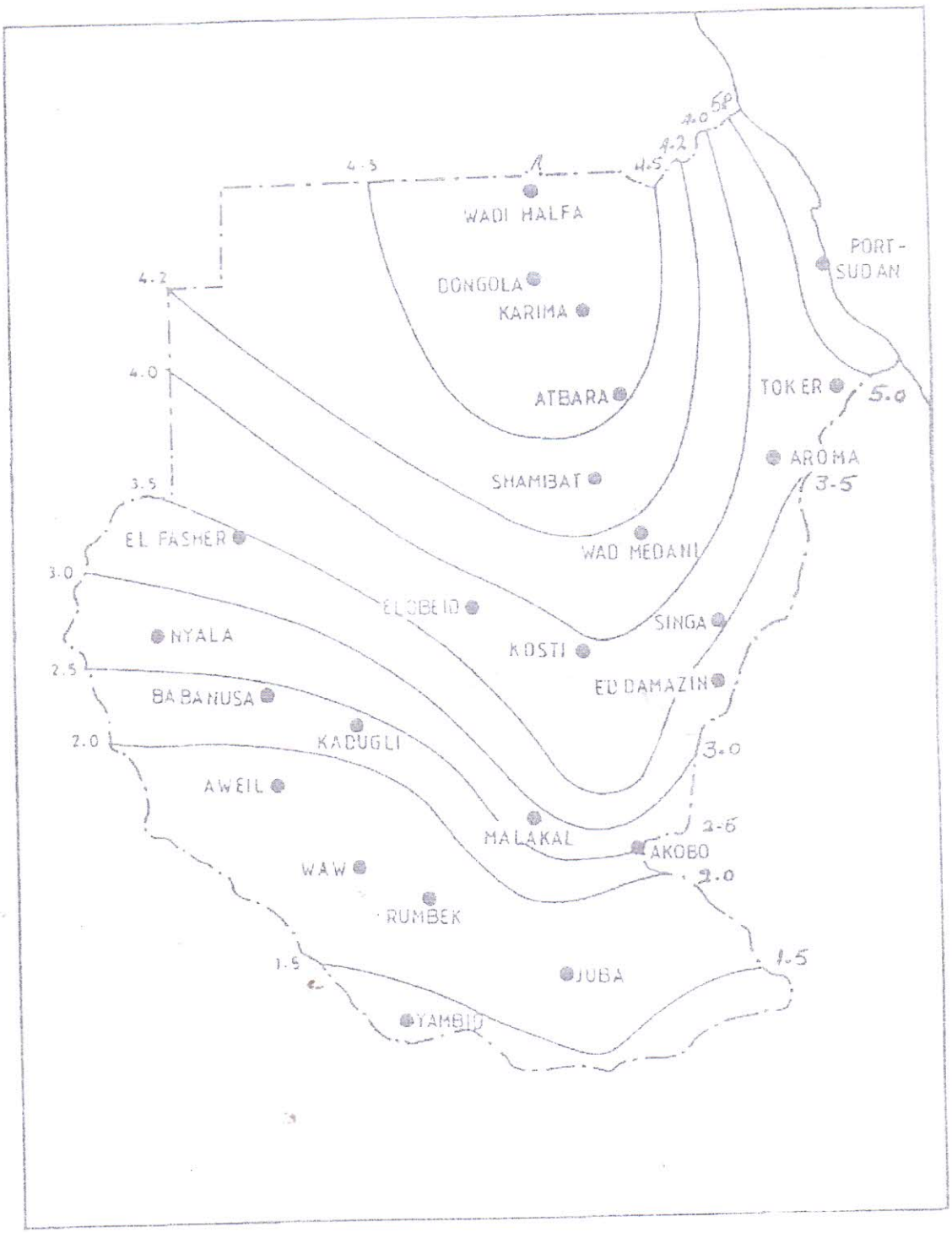
4.4 الجو العاصف في السودان :ـ

هنالك ثلاث انواع من العواصف في السودان :

1/ الهبوب (squalls) مثل العواصف الترابية المصحوبة بسحب متراكمة والتي تحدث في الفترة من ابريل الى سبتمبر .

2/ العواصف الترابية (الغبار) التي يسببها التفاوت الكبير والحاد في الارتفاع والتي تحدث في الفترة من مايو الى اكتوبر .

3/ العواصف الترابية التي يسببها الهواء القطبي القاري الذي يصل الى السودان كجبهات باردة مصحوبة بانخفاضات شرقية قوية ، هذه تحدث في الفترة من فبراير الى ابريل .



شكل رقم (13) خريطة توضح توزيع الرياح في السودان

تم عمل قياسات لسرعة الرياح لمدة عام لبعض المواقع المختارة بواسطة برنامج الطاقة الخاص (SEP-Sudan) بالتعاون مع معهد أبحاث الطاقة . يتم توضيح نتائج الدراسة في الجدول (1) الذي

يوضح متوسط سرعة الرياح السنوي والمتوسط الشهري الاقصى والادنى لبعض المدن المختارة في السودان.

Site	Altitude m	Annual mean speed (ms^{-1})	Minimum Monthly mean speed (ms^{-1})	Maximum Monthly mean speed (ms^{-1})
Wadi Halfa	182	4.5	3.7	5.7
Dongola (Bourgag)	225	3.6	3.0	5.0
Karima	250	5.1	4.1	6.7
Port Sudan	0	3.5	2.9	4.6
Khartoum	381	3.0	1.9	3.9
Khartoum (Soba)	382	3.6	2.6	4.2

4.5 الخيارات الممكنة لاستخدام طاقة الرياح في السودان :-

مشاريع طاقة الرياح الناجحة والمستدامة لتوليد القدرة في السودان تعتبر ذات جدوى عالية في إنشائها، فبرنامجاً مثل استخدام قدرة الرياح في توليد الطاقة الكهربائية أو لضخ المياه يبدو جذاباً للتنمية الريفية .

يمكن الاستفادة من مولدات الكهرباء التي تشتغل بماكينات رياح صغيرة لمقابلة متطلبات القدرة لمناطق سكنية معزولة ، يصبح تطبيق طاقة الرياح في المزارع ممكناً خاصة في شرق السودان على ساحل البحر الأحمر حيث يمكن توليد وتوصيل الكهرباء للشبكة المحلية او القومية .

4.6 تطبيقات طاقة الرياح في السودان :-

تمتاز طاقة الرياح أو قدرة الرياح بأنها منتشرة باتساع وغير مستنفدة ولا ينتج عنها تلوثاً حرارياً او مادياً عندما يتم تحويل طاقة الرياح إلى شكل أخر من أشكال الطاقة .

يمكن لقدرة الرياح ان تلعب دوراً هاماً في الحالة الراهنة لقصورات القدرة لتطوير القري والمناطق البعيدة التي لا تصلها شبكة الطاقة الكهربائية أو الإمداد غير المنتظم والأسعار العالية لسعر الوقود لوحدات الديزل . للاختيار الملائم لماكينات الرياح وبعض التطبيقات الأخرى يجب معرفة قدرات الرياح عند مواقع مختلفة .

يتركز استخدام طاقة الرياح في السودان على تطبيقات الضخ المباشر . لقد تواكب العمل على مضخات الرياح في السودان منذ العام 1950م لأغراض ضخ المياه للشرب والري في المناطق الصحراوية البعيدة ، ولاية الجزيرة وتلال البحر الأحمر وبطول نهر النيل الرئيسي شمال الخرطوم وسافلاً حتى وادي حلفا . ماكينات الرياح المستخدمة هي من نوع الصليب والتي تواجه مشاكل عديدة في الاستخدام حتى انه لا يعمل أي منها في الوقت الحاضر .

هنالك العديد من مضخات الرياح من نوع (CWD-5000) دنماركية المنشأ تم تركيبها حول منطقة الخرطوم هذه الماكينات تستخدم لضخ المياه لري المزارع الصغيرة كما موضح في الجدول (1) بدأ هذا المشروع في العام 1985 كمشروع ثنائي بين السودان وهولندا وتم تنفيذ المشروع بواسطة معهد أبحاث الطاقة من السودان و شركة (DHV) الاستشارية الهندسية كمساهم هولندي تابع ومشارك لشركة (CWD) . لقد أسهم هذا المشروع أيضا في العديد من النشاطات المرتبطة بتنمية الضخ بواسطة الرياح في السودان ، مثل تدريب الشركات المحلية للصناعات المحلية لأنظمة الضخ بواسطة الرياح ، وتدريب المهندسين والفنيين السودانيين في التركيب والتشغيل وصيانة أنظمة الضخ .

أيضا قام معهد أبحاث الطاقة بتطوير ونشر العديد من مضخات الرياح عند مواقع مختلفة في السودان، ومثال لذلك منطقة طوكر (شرق السودان) التي ركب فيها معهد أبحاث الطاقة (ERI) بالتعاون مع منظمة اوكسفام بنجاح مضخات رياح في قريتين في تلك المنطقة ، في منطقة كريمة (شمال السودان) قام معهد أبحاث الطاقة بالتعاون مع منظمة ادرا بنجاح بتركيب مضخات رياح في قريتين في تلك المنطقة في وسط البطانة (وسط السودان) قام أبحاث الطاقة بالتعاون مع شركة (ADSCB) بنجاح

بتركيب مضخة رياح في يوليو 1997 ، جميع هذه المضخات تم تركيبها لغرض ماء الشرب ، لكل من الإنسان والحيوان وفي بعض الحالات لري المزارع الصغيرة .

الفصل الخامس

دراسة حالة

الفصل الخامس

دراسة حالة

5.1 خصائص تخمين سرعة الرياح في موقع :-

من المكلف جداً القيام بقياسات مفصلة في موقع ، ولكن هنالك عدد من التقنيات التي يمكن استخدامها للحصول على تقدير مقارب لخصائص سرعات الرياح في المنطقة ، وهذه التقنيات لا يمكن بأي حال من الأحوال ان تكون مثل دقة القياسات الطويلة الأمد لكنها يمكن أن تكون دليلاً على إمكانية القيام بتسجيل قياسات طويلة الأمد لبيان إمكانية الحصول على طاقة من الرياح في موقع ما . وتقنيات التقدير تتضمن حالياً مايلي :

1/ استخدام قياسات سرعات الرياح من مناطق مجاورة :-

يمكن استخدام القراءات المتوفرة في موقع واحد أو عدة مواقع مجاورة وتقدير المعلومات حول الموقع المطلوب بواسطة التحليل مأخوذاً بنظر الاعتبار الفروقات بين الموقع المقترح والمواقع المجاورة .

2/ استخدام الأطلس وخرائط سرعات الرياح :-

الخرائط المتوفرة في معظم البلدان العربية أو أطلس الرياح الذي أنجزته المنظمة العربية للتربية والثقافة والعلوم الاكسو (AECSO) يمكن أن تكون مؤشراً أولياً على إمكانية توفر الرياح في المناطق المختلفة .

3/ استخدام نماذج رياضية لسريان الرياح :-

يتم تطوير عدة نماذج رياضية يمكن بواسطتها تقدير تأثير طبوغرافية المنطقة على سرعات الرياح . ومن متطلبات تقدير جهد طاقة الرياح في موقع ما الحصول على بيانات حركات الرياح واتجاهاتها وتكرارها من محطة قريبة نسبياً من هذا الموقع.

5.2 بيانات القياسات الجوية المتاحة :-

يتم الحصول على البيانات من مكتب مصلحة الأرصاد الجوي في السودان ، سيتم اخذ القياسات باستخدام مرياح كأسي مقترن بمسجل خرائط لمحطات منتجة تشتمل على بيانات طاقة الرياح على المتوسط الشهري لسرعات الرياح واتجاهاتها مقاسه عند ارتفاع 10m فوق مستوى سطح الأرض من المحطات المنتشرة داخل القطر .

تستخدم خلالها مرياحات مضبوطة ومعدة جيداً لتجميع البيانات يتم عادة استخدام مقاييس ضغط ذات ريش مع راسمات لتسجيل متوسط سرعات الرياح في الساعة في 23 محطة ، بعض المحطات الأخرى تستخدم عارضات شعاعيه لمعظم المحطات تمتد فترة تسجيل البيانات لأكثر من 10 سنوات ويكون متوسط فترة التسجيل كل ساعة كاف ، المقادير المتغيرة الأساسية التي تؤثر على دقة البيانات المتحصل عليها هي التي تعرض أجهزة التسجيل للأحوال المناخية السائدة في المنطقة ، ووفقاً لذلك فان 6% من المحطات الموجودة خلال القطر يتم تجاهلها في التحليل على خلفية عدم دقتها ، هذه البيانات يتم الاستفادة منها في تحديد توزيع تردد سرعة الرياح السنوي الذي هو متغير أساسي في حساب كثافة قدرة الرياح في موقع معطى .

يتم تركيب المرياحات على أعمدة عند ارتفاع كافٍ فوق سطح الأرض ، عادة ما تكون حوالي 5 ، 10 أو 15m تحت الأحوال الطبيعية ، فان سرعات الرياح تكون اكبر كلما زاد الارتفاع عن سطح الأرض . ذلك لان تأثيرات ملامح السطح والاضطراب تتلاشى بزيادة الارتفاع . يعتمد هذا التفاوت

على البعد من سطح الأرض وخشونة السطح . من الصعوبة بمكان التنبؤ بمتوسط سرعات الرياح الشهرية إذا كان الارتفاع المرجعي الذي يتم تسجيل البيانات اقل من 6m بالتالي فان البيانات التي يتم تجميعها عند ارتفاعات اقل من 6m يجب ان لا تستخدم لاختبار طاحونة رياح أو للتنبؤ بالأداء . في المساحات المستوية نسبياً التي لا توجد فيها أشجار أو مباني جوارها مباشرة ، فانه يمكن اختيار الموقع بسهولة في المناطق الجبلية أو الأماكن التي توجد بها عوائق تحجز سريان الرياح فانه يجب الأخذ في الاعتبار . فروقات خشونة السطح والعوائق الموجودة بين المرياح وموقع المضخة عند ما يراد حساب سرعات الرياح في الموقع .

في السودان هنالك ارتفاعات لقياس الرياح غير منتظمة عند محطات مختلفة في مدن مثل الخرطوم ، ود مدني ، عطبرة والابيض . فان القياسات تتم عند ارتفاع 15m ، بينما تؤخذ القياسات في شبه المدن عند 10m وفي البقية عند 5m ، يتم تقدير دقة الاجهزة المستخدمة في القياس بنسبة خطأ مقدارها 5% تمت جدولة متوسط سرعات الرياح الشهرية لمحطات الارصاد الجوي البالغ عددها 58 محطة وبالتالي تم حساب المتوسط السنوي لقدرة الرياح كما موضح في الجدول (2) تاسيساً على هذه البيانات تتم رسم خريطة توضح توزيع سرعات الرياح على امتداد السودان (شكل (3)). هذه الخريطة تعكس القدرة الجيدة جداً لطاقة الرياح في السودان ، محلياً يمكن ان يكون هنالك العديد من مواقع الرياح العالية في مناطق الرياح المنخفضة وبالعكس فانه وعند موقع معطي يمكن ان تكون اقل بكثير عن تلك التي يتم حسابها على اساس متوسط سرعات الرياح السنوي ، هذا ناتج عن الاس التكعيبي في العلاقة بين قدرة الرياح وسرعة الرياح .

بالرجوع للشكل (3) فان المنطقة الشرقية للسودان (حلايب ، بورتسودان) تملك سرعات رياح عالية جداً (اكبر من 5m/s) وتملك المنطقة الشمالية (دنقلا ، كريمة) نسبياً سرعات رياح عالية تفوق الـ4.5m/s . وتتمتع منطقتي الخرطوم والجزيرة أيضا بقدرات رياح جيدة ، أما المناطق الغربية فتملك نسبياً سرعات رياح بطيئة بينما تملك المنطقة الجنوبية القدرات الأفقر بسبب سرعات الرياح

المنخفضة التي تسود المنطقة . تتناسب قدرات الرياح في السودان مع خطوط العرض بحيث انه كلما ارتفع خط العرض كلما زادت قدرات الرياح ، بمعنى آخر فان المناطق أسفل خط العرض 9^0N (مناطق مدارية) يكون لديها ادني قدرة رياح من تلك المناطق فوق خط عرض 9^0N .

في تحليل بيانات طاقات الرياح وجد ان هنالك تبايناً واضحاً للأسباب التالية الذكر :-

1/ نمو الأشجار حول المحطات والمباني والمنشات الجديدة التي يتم إقامتها حول المحطات.

2/ جودة الصيانة ، ومعايرة أجهزة القياس .

3/ إحلال أجهزة القياس بأنواع أخرى .

تم اخذ متوسط سرعات الرياح الشهرية واتجاهاتها مقاسة عند ارتفاع 10m فوق مستوى سطح الأرض للمحطات خلال القطر في هذه الدراسة من خلال الجدول (2) أدناه .

جدول (2) يوضح تفاوت ارتفاعات وسرعات وقدرات الرياح في حوالي 58 محطة في السودان

Item	Name of station	Altitude (m)	Annual mean wid speeds (ms^{-1})	Annual mean wind power (Wm^{-2})
1	Halaib	52	5.07	44.31
2	Wadi Halfa	190	4.62	33.53
3	Port Sudan	5	5.03	43.32
4	Abu Hamed	313	4.77	36.92
5	Dongola	225	4.60	35.53
6	Gebeit	795	4.03	22.19
7	Karima	250	5.1	34.38
8	Toker	20	4.06	22.80
9	Atbara	345	4.31	25.37
10	Derudeb	510	4.03	22.19
11	Hudeiba	350	4.03	22.19

12	Shendi	360	4.03	22.19
13	Aroma	430	4.12	23.84
14	Wadi Seidna	385	4.44	29.84
15	Shambat	380	4.47	30.93
16	Khartoum	380	4.47	30.43
17	Jebel Awlia	380	4.03	31.19
18	Halfa El Gedida	450	4.51	23.43
19	Abu Quta	390	4.10	29.04
20	El shwak	510	4.40	23.43
21	Wad Madani	405	4.10	30.43
22	Medina Block	405	4.47	32.97
23	Kutum	405	4.59	14.62
24	El Gadarif	1160	3.50	21.65
25	Ed Dueim	380	4.03	22.19
26	El Fasher	733	3.43	13.72
27	Sennar	420	3.13	10.44
28	El Geneina	805	3.06	9.77
29	Kosti	380	4.03	22.19
30	El Obeid	570	3.39	13.27
31	Dankog	965	3.13	10.44
32	Umm Benin	435	3.13	10.44
33	Zalingei	900	2.68	6.57
34	Abu Na'ama	445	3.1	10.44
35	El Nuhud	565	3.95	20.97
36	Nyala	655	2.57	5.78
37	Rasheed	885	2.87	8.06
38	El Damazin	470	4.47	30.43

39	Er Renk	380	2.80	7.48
40	Ghazala Gawazat	480	3.02	9.39
41	Babanusa	543	2.76	7.17
42	Kadugli	501	2.65	6.34
43	Kurmuk	690	2.79	7.43
44	Malakal	387	2.80	7.48
45	Bebtiu	390	2.72	6.86
46	Aweil	415	2.68	6.57
47	Nasir	400	3.58	15.57
48	Raga	545	2.68	6.57
49	Gambeila	450	2.68	6.57
50	Wau	435	1.72	1.73
51	Tonj	430	2.54	5.59
52	Rumbek	420	2.68	6.57
53	Bor	420	2.68	6.57
54	Maridi	750	2.68	6.57
55	Juba	460	1.53	1.22
56	Yambio	650	2.68	6.57
57	Torit	625	2.87	8.06
58	Yei	830	2.80	7.48

5.3 المسح الجغرافي للموقع المستهدف بالدراسة :-

عند اختيارنا للموقع المعين قمنا قبل كل شئ بتفحص مسارب الهواء لمعرفة إذا ما كان هناك ما يعيق مجرى الهواء كجبل أو أشجار الخ . بعدها قمنا بتحديد المكان الأنسب لإنشاء ركيزة العمود الذي سيحمل التوربين الهوائي وبعد تحديد مكان التوربين ، ومن خلال البيانات المتوفرة من الإرصاد الجوي ، وجدنا أن انسب مكان لنصب العمود الذي سيحمل التوربين الهوائي هو مدينة كريمة .

5.4 الاستفادة من طاقة الرياح في منزل ريفي :-

سيتم دراسة وتزويد إحدى البيوت الريفية الصغيرة بالطاقة الكهربائية عبر تزويدها بتوربينا هوائياً يفي حاجة المستهلك والسبب الرئيسي في ذلك هو قصور الإمداد الكهربائي وانقطاعه لساعات طويلة من النهار ، كما انه لا توجد رغبة لتركيب مولد كهرباء يعمل بالوقود بسبب الضجيج والدخان الذي يصدر عنه أضف إلى ذلك الصيانة المستمرة له بتعبئة الوقود ، غيار زيت ، فلتر ....الخ .

كما لا ننسى ارتفاع أسعار الوقود وصعوبة إيصاله للمكان كما يبقى حمل غالونات الوقود وتوصيلها لمولد الكهرباء من الأعمال الشاقة والمضنية حقاً .

تم أولاً تحديد المساحة الكلية للمنزل حتى يتم تحديد عدد الأجهزة المطلوبة لهذا المنزل حسب البيانات التالية :-

المساحة الكلية للمنزل $(20*20) = 400m^2$

- مساحة الصالون $6*4=24m^2$
- به عدد 2 غرفة والغرفة لها مساحة $4*4=16m^2$
- به عدد 2 صالة والصالة لها مساحة $6*2=12m^2$
- به عدد 2 حمام والحمام له مساحة $3*2=6m^2$
- به غرفة صغيرة مساحتها $3*3 = 9m^2$
- به مطبخ مساحته $4*4= 16m^2$

فمن خلال التفاصيل السابقة للمنزل تم تحديد الحاجة الكهربائية للمستهلك فتم اقتراح الآتي :

جدول رقم (3) يوضح الاجهزة الكهربائية للمنزل

نوع الجهاز الكهربائي المطلوب	عدد الاجهزة المطلوبة	القدرة بالواط	الاستهلاك في الساعة واط لكل ساعة
ثلاجة 10 قدم	1	112	112
تلفزيون 14 بوصة	1	40	40
غسالة 4كيلو	1	375	375
جهاز ريسيفر	1	10	10
موتور ماء ½ بوصة	1	250	250
مروحة سقف	4	150	150*4
مكيف ماء 3000 وحدة	1	250	250
لمبات ترشيد 9 واط	4	9	4*9
لمبات ترشيد 22 واط	5	22	5*22
المجموع			1783

بالطبع ما تم اختياره يبقى ضمن ميزانية صاحب المنزل وقد تم الأخذ بعين الاعتبار بعض الأجهزة الصغيرة التي قد يقوم صاحب المنزل بشرائها وذلك عند حسابنا للمصروف الإجمالي للطاقة وذلك بمعرفة مصروف كل جهاز بمفردة وفقاً للجدول السابق .

كما يلاحظ من خلال ما ورد أعلاه في هذه الدراسة أن إجمالي المصروف اليومي لهذا المنزل بلغ حوالي (1783w)في اليوم بالطبع هناك بعض اللوازم الكهربائية التي لا تستعمل يومياً كالغسالة مثلاً، عليه سيتم تركيب وحدتين من التوربين الهوائي طراز (WT2500) من شركة (Techno WIND) وسنقوم خلال الـــ24 ساعة بدراسة سرعة الهواء وكمية الكهرباء التي سينتجها هذا التوربين والتي سيتم تزويد المنزل بها وتخزينها في بطاريات الشحن بقوة (24VDC , 200Ah) أي ما يعادل الـــ(5000w) عند سرعات الرياح العالية وذلك للاستفادة منها في اوقات ندرة الرياح .

مواصفات خاصة بالتوربين :ـ (WT2500)

جدول رقم (4) يوضح المواصفات الخاصة بالتوربين

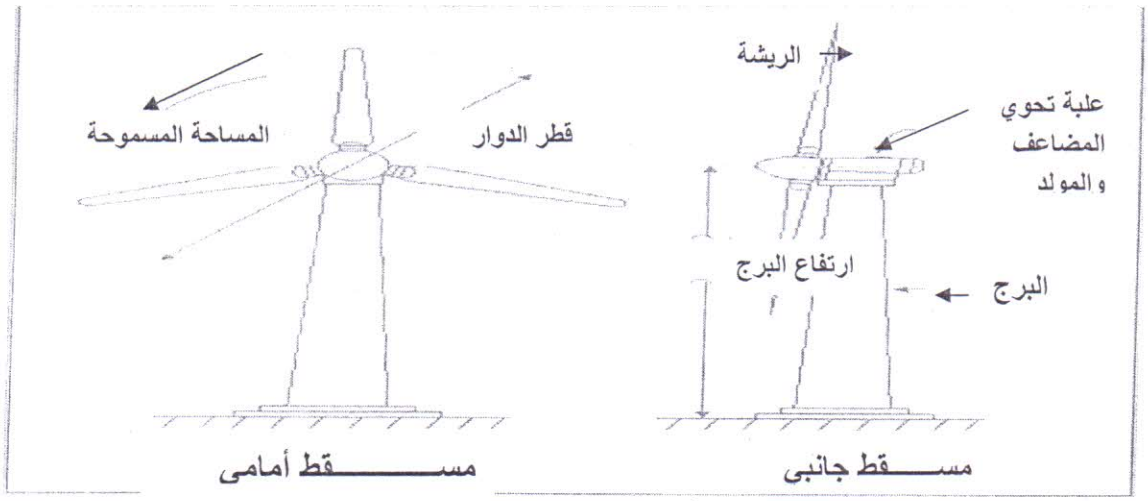
معدل القدرة	2500w ≈ 11A
معدل الفولتية	24V
القطر الدوار	3m
سرعة الرياح الابتدائية	2m/s
معدل سرعة الرياح	5m/s
سرعة الرياح القصوى	35m/s
معدل سرعة الدوار	350r/m
عدد الشفرات	3
الارتفاع المقترح للبرج	6m
سعة البطارية المقترحة	2 or 4 200AH

تفاصيل فنية خاصة للتوربين :ـ (WT 2500) :

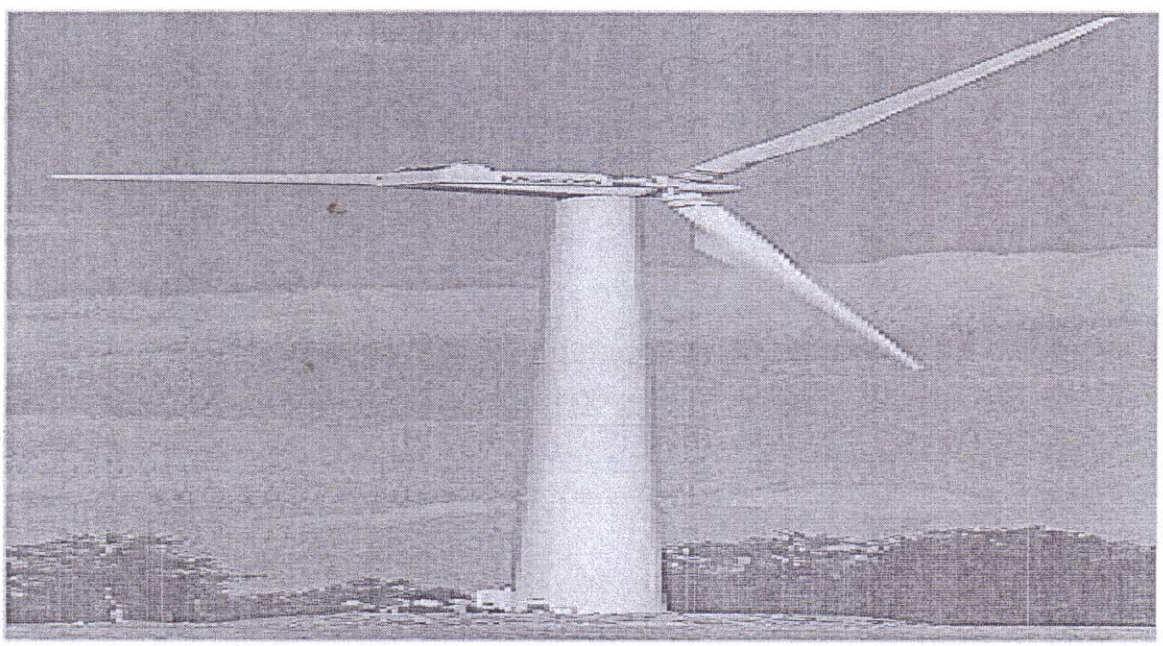
جدول رقم (5) يوضح التفاصيل الفنية الخاصة بالتوربين

Wind Speed (m/s)	WT2500Wind Turbine (W)
4	336
4.5	450
5	500
5.5	650
6	760
6.5	835
6.7	899
7	995
7.5	1250
8	1500
8.5	1900
9	2100
9.5	2500
10	2700
10.5	2750

من خلال الجدول رقم (1) نجد ان مدينة كريمة انسب مكان لنصب التوربين الهوائي حيث ان متوسط سرعة الرياح الشهري الأقصى لها يبلغ حوالي 6.7m/s والتي يولد عندها التوربين حوالي 9w



الشكل (14) يوضح المسقط الجانبي والأمامي لتوربين أفقي



الشكل (15) يوضح التوربين الأفقي

الفصل السادس

المناقشة

الفصل السادس

المناقشة

تستخدم طاقة الرياح في توليد الطاقة الكهربائية للعديد من المنشات الهندسية مثل الشبكات المركزية ، الشبكات المعزولة كما أنها سند للشبكات الضعيفة ، لضخ المياه ، لتعبئة البطاريات .

عند دراسة الرياح لابد من معرفة متوسط سرعة الرياح العالية والمعدل السنوي الأدنى والارتفاع عن مستوى سطح الموقع .

تتميز بعض المناطق بطاقة رياح جيدة مثل المناطق الساحلية ، قمم المنحدرات الطويلة ، الممررات الجبلية ، المناطق المكشوفة ، الوديان المميزة بالرياح .

عادة ما تكون الرياح أعلى في الشتاء وفي النهار .

التوربينات المنتجة للطاقة للرياح توفر الكهرباء داخل الشبكة او خارجها وهذا عبر كل إنحاء العالم .

تم اختيار مدينة كريمة كموقع مثالي لتجهيز منزل متوسط بالاحتياجات الأساسية للطاقة الكهربائية وذلك حسب البيانات المتوفرة عن العديد من المواقع في السودان من حيث ارتفاعها ومتوسط وقدرة سرعة الرياح فيها . حيث تم اختيار عدد وحدتين لتوليد الطاقة الكهربائية باستخدام طاقة الرياح بقدرة اجمالية مقدرها 1783 واط تقوم بتوليد الطاقة الكهربائية لمنزل متوسط بمدينة كريمة لتشغيل ثلاجة ، مبرد هواء ، مراوح ، وغيرها .

6.1 حساب التكلفة :-

حساب التكلفة الكلية لمولد كهربائي سعة 2كيلو واط يعمل بالديزل :-

تكلفة شراء المولد = 1600ج

تكلفة الوقود :-

الاستهلاك اليومي للوقود يقدر باربعة جالونات

سعر الجالون = 6ج

الاستهلاك اليومي للوقود = 4×6 = 24ج

الاستهلاك السنوي للوقود = 24×365 = 8760ج

تكلفة الزيت :-

سعر الجالون = 45ج

عدد الجالونات المستهلكة خلال السنة = 33.18جالون

الاستهلاك السنوي للزيت = 45×33.18 = 1493.18 ج

تكلفة الصيانة وقطع الغيار = 1000ج

تكلفة النقل = 250ج

التكلفة الكلية خلال السنة = 13103.18ج

التكلفة خلال 25 عام = 13103.18×25=327579.5ج

وذلك لان العمر الافتراضي للتوربين 25 عام

حساب التكلفة الكلية لتوربين رياح مستورد :-

التكلفة الكلية لوحدة التوربين 250000 دولار

التكلفة الكلية لعدد 2 وحدة من التوربين = 250000×2×2.4 = 1200000ج

حساب التكلفة الكلية لتوربين رياح مصنع محلياً :-

لقد كان هنالك تجربة في كلية الهندسة عطبرة قبل أكثر من سبعة سنوات لتصنيع توربينة رياح للاستفادة منها في تشغيل مضخة مياه ترددية لرفع المياه من الآبار . حيث تم تصنيع أجزاء التوربينة في ورشة الاستشارات الهندسية حسب المواصفات الفنية الواردة من أبحاث الطاقة – سوبا – حيث بلغت الكلفة الإجمالية لها في ذلك الوقت 15.000جنيه(خمسة عشر الف جنيهاً سودانياً) وباعتبار معدل التضخم خلال تلك الفترة فيمكن تقدير كلفتها الحالية 37.500جنيه (سبعة وثلاثون الف وخمسمائة

جنيه).بما ان المنزل يحتاج لعدد اثنين وحدة من هذا النوع ، فستبلغ الكلفة الاجمالية حوالي 75.000جنيه (خمسة وسبعون الف جنيهاً) .

لمقارنة هذا النوع من التوربينات المصنعة محلياً مع التوربينات المستوردة ومع محرك الديزل حيث الكلفة الاقتصادية وسهولة التشغيل والتصنيع والصيانة وسيتم اختيار هذا النوع من التوربينات اعتماداً على عامل الكلفة الاقتصادية وسهولة الصيانة .

6.2 المقارنة بين التكلفة الكلية لتوليد الطاقة الكهربائية حرارياً وباستخدام طاقة الرياح :

طاقة الرياح هي عبارة عن طاقة محلية متجددة ونظيفة ومنتشرة على نطاق واسع في جميع أنحاء العالم . بالتالي فان هذه الطاقة لا ينتج عنها غازات تسبب ظاهرة الاحتباس الحراري أو ملوثات مثل أول وثاني أكسيد الكربون وأكسيد النتريك أو الميثان ، عليه فهي صديقة للبيئة .

اما محدداتها فتنحصر في التأثير البصري لدوران ريش التوربينات والضوضاء الصادرة عنها خاصة للأشخاص القاطنين بالقرب من حقول الرياح وتكلفتها الإنشائية العالية ، ولتقليل هذه التأثيرات يفضل إنشاء حقول الرياح في مناطق بعيدة عن المناطق السكنية .

اما التوليد الحراري باستخدام محركات الديزل فيتميز على طاقة الرياح بسهولة التركيب والتشغيل والصيانة ، قلة الزمن المطلوب للتشغيل والإيقاف ، صغر المساحة المطلوبة لوضع المولد وانخفاض التكلفة الإنشائية . أما محدداته فتنحصر في انخفاض الكفاءة ، التلوث البيئي والضوضاء ، تكلفة الوقود العالية وقطع الغيار والزيوت والشحوم وغيرها . بالإضافة للصيانات الروتينية المتكررة .

من خلال المقارنة بين التكلفة الكلية للتوليد الحراري بمحركات الديزل وإنتاج الكهرباء بالرياح نجد ان تكلفة انتاج الكهرباء بطاقة الرياح عالية جداً مقارنة بمولدات الديزل .

الفصل السابع

الخاتمة والتوصيات

الفصل السابع
الخاتمة والتوصيات

7.1 الخاتمة :-

وجد إن طاقة الرياح في السودان تواكب بصورة جيدة نموذج الطلب على الأحمال فهي ذات سرعة عالية في النهار وذات سرعة منخفضة بالليل يزيد متوسط سرعة الرياح السنوي عن 4m/S على طول النيل الرئيسي من الخرطوم وأسفل حتى وادي حلفا وبعض الجيوب في غرب ووسط السودان ، يعتبر السودان غني بالرياح في الجزء الشرقي خاصة في المنطقة الساحلية على طول البحر الأحمر. نجد ان لنظام الضخ بطاقة الرياح قدرات عالية للوفاء بمتطلبات رفع المياه خاصة في المناطق الريفية البعيدة لكل من الزراعة المروية وإمدادات المياه للإنسان والماشية . هذه الخلاصة مؤسسة على :

1/ العديد من الدراسات التي قامت بها منظمات وهيئات عديدة لمعرفة مدى جدوى استخدام مضخات الرياح .

2/ تاريخ ضخ المياه في ولاية الجزيرة لأغراض الشرب .

3/ الخبرة المتراكمة لمشروع طاقة الرياح في السودان .

7.2 التوصيات :-

1/ هنالك حاجة ماسة لمحطات أوتوماتيكية تقوم بتسجيل البيانات باستمرار .

2/ توجيه البحث والتنمية في مجال ماكينات الرياح في اتجاه الاستفادة من المهارات المحلية والأسواق المحلية حيث يجب تشجيع الإنتاج المحلي لماكينات الرياح في كل من المؤسسات العامة والخاصة .

3/ الاستفادة من التجارب والدراسات السابقة في هذا المجال وتطويرها .

4/ توسيع الدراسات المتعلقة بطاقة الرياح ووضع التصاميم المناسبة للمعدات والالات اللازمة لاستغلالها .

5/ يجب إنشاء حقول الرياح في مناطق بعيدة عن المناطق السكنية وذلك لتقليل التأثيرات البصرية والضوضاء الصادرة عنها .

المراجع :-

1/ تاليف جون ووكر و نيوكولاس جنكن - تقنية طاقة الرياح

2/ ا.د / الفاضل بريمة - اتحاد مجالس البحث العلمي والعربي بالتعاون مع معهد ابحاث الطاقة

3/ أ.د/ وهيب عيسى الناصر - د/ علي عباس القرة غوي - سلسلة الحقائب التعليمية التدريبية في مجال الطاقات المتجددة .

4/ مصلحة الارصاد الجوي (الخرطوم).

WWW.TECHNOWIND.COM/5

WWW.UPSAPS.COM /6