الآفاق التصميمية لتوليد الطاقة من الدواليب الهوائية الكبيرة في الوطن العربـــــي

الدكتور منيـــف حســـون
كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية
جامعة تشريـــن

ان استخدام طاقة الرياح ليس وليد اليوم ،بل يعود استخدامها الى عهود غابـــرة ، في بلاد فارس والعراق ومصر والصين ،ويقال ان حمورابي ملك بابل قد روى سهول ما بيـــن النهرين بماء ضخ بواسطة آلات تحويل طاقة الرياح وذلك في القرن السابع عشر قبل الميلاد ، تلك الالات ،كانت تشبه الالات ذات المحور العمودي الحالية .

استخدم المصري هيرو الكسندر في القرن الثالث قبل الميلاد طاحونة هوائية ذات أربـــــع شفرات لتغذية / اورغ / بالهواء المضغوط . ويقال ان هذه الالات كثر استخدامها في مصر. ونستطيع القول،دون خوف ، ان سكان الحوض الشرقي للمتوسط مع الصينيين أو وحدهم قد شـــادوا آلات ذات محور عمودي تعمل بطاقة الرياح .

وقد حمل الصليبيون معهم عند عودتهم الى اوروبا في القرون الوسطى المعلومات عـــن آلات تحويل طاقة الرياح . وانتشرت آلات المحور الافقي ذات الريش الاربع في فرنســـــا وايطاليا ثم اسبانيا والبرتغال وبعدئذ بريطانيا وهولندا وألمانيا ،واستخدمـــت لطحن الحبوب واستخراج الزيوت ونشر الخشب ،وصناعات أخرى .

وبعدئذ وفي القرن التاسع عشر ظهرت آلات الرياح البطيئة المتعددة الريش،وطورت فـــي الولايات المتحدة ،وعادت الى الظهور في أوروبا،بعدئذ،تحت اسم الطاحونة الامريكية،وبعـد ، وفي مطلع القرن العشرين اخترع الفرنسي داريوس دوارته المشهورة باسمه ،وتوالى تطـــور هذه الالات منذ ذلك التاريخ حتى اليوم ،وقدمت للانسان القدرة الميكانيكية التي تنقصه .

ونظرا للعروض الكبيرة لوسائط توليد الطاقة (محطات نووية ،بخارية ،غازيـــة ، احتراق داخلي) فان مولدات الطاقة من الرياح لم تنتشر حتى الان على نطاق واســـع . وما اكثر المفاجآت ،حيث يتناقص المخزون العالمي من الفحم والنفط،يزداد الطلب على الطاقة أكثر فأكثر ،والرعب المتزايد من جراء تلوث البيئة من استعمال المزيد من الفحم والنفط ، اضافة الى ما قد ينتج من تغيرات كبيرة على البيئة من جراء التعرية المستمـــــــرة والاستخدام غير المنتظم للمجموع الحيوي الخشبي في توليد الطاقة .

وهكذا ، فان طاقة الرياح تحل في المرتبة الاولى بالمنظور الحالي .

ومن هنا ندرك أن سكان المناطـــــق العربية من اوائل الذين استخدموا نظـــم تحويل طاقة الرياح،وسخروا هذه الطاقـــة لخدمتهم ، وأنهم،بالتالي،قد قامـــوا أساسا بما يلي :

١ ـ شعروا أنهم بحاجة الى طاقـــــة لا يوفرها الجهد الانساني أو الحيواني

٢ ـ عدوا أيام الهبوب .

٣- تعرفوا الى دورة الطقس ،وحددوا معالم هبوب الرياح .

٤ - لاحظوا أن هناك رياحا تكثر في مناطق،وتقل في مناطق أخرى .

٥- حددوا اتجاهها وقوتها ،بقياسات بدائية .

٦ - صنفوا الرياح وسموها ،وتعرفوا الى مخاطر العواصف والزوابع والنكب (التي أغرقت خمس سفن راسية في ميناء تونس عام ١٨٥٥/م) .

٧ - صمموا،وصنعوا أنظمة تحويل طاقة الرياح .

٨ - أشادوا هذه الانظمة في أماكن حاجتهم للطاقة .

٩- شغّلوا،واستثمروا هذه الانظمة .

- الخواص العامة للموقع -

ان السير على خطاهم في نهاية القرن العشرين ،عمل جيد مع أهمية تدخل وسائط القياس الدقيقة المتوفرة حاليا لمعرفة خواص الرياح السائدة على المناطق العربية ،والقوانين العددية التي تحكمها ،مثل القيم العددية الحقيقية المتوسطة ،وقانون توزع السرعة (الساعية ،اليومية ،الفصلية ،السنوية ،) وتؤدي معرفة العناصر التالية الى اقرار الموقع والنظام ومردوده حسب الحاجة :

- القيمة المتوسطة لسرعة الرياح والتبدلات اليومية والفصلية .
- قانون توزع السرعة وقيمتها الحدية .
- التبدل المفاجيء لتيار الهواء في السرعة والاتجاه بآن واحد .
- قانون توزع اتجاه الرياح واحتمال التبدل المفاجيء وأهميته .
- العواصف والزوابع ،والرياح الحاملة للرمال والرطوبة والغيوم والمطر .

يتم استقاء هذه المعلومات بالقياسات الدقيقة وجدولتها خلال فترة زمنية لا تقل عن عشر سنوات، وتقوم بجمع هذه المعلومات المديريات العامة للرصد الجوي والمناخ القطرية ، وتخزن هذه المعلومات للاستخدام .

وتجدر الاشارة الى أن محطات الرصد القائمة حاليا قد لا تكون مصممة لاغراض طاقة الرياح،وتوزعها غالبا يخدم الاغراض الرصدية الصرفة أو الزراعية ودراسة البيئة ،

ولا بد من دراسات لمعرفة المواقع الاساسية لمحطات الرصد التي تهتم بشوءون طاقة الرياح . وأهم هذه الجداول تلك التي نقرأ منها عند كل موقع رصد ما يلي :

١- المعدل المتوسط الساعي والشهري والسنوي لسرعة الرياح .

٢- مقدار القيمة العظمى لسرعة الرياح (يفضل ان يكون خلال ٥٠ عاما) .

٣- التكرار الساعي لكل سرعة .

٤- التكرار الشهري واليومي لكل سرعة .

٥- القيمة الشهرية والسنوية العظمى لسرعة الرياح .

تتيح المعلومات المعروفة في تلك الجداول لنا ،وعند موقع معين معرفة :

١- الطاقة الاجمالية السنوية التي يمكن استردادها من الرياح .

٢- الطاقة التي يمكن استردادها في ساعات اليوم وأيام الشهر وأشهر السنة .

٣- السرعة المنخفضة للرياح التي يمكن اعتبارها سرعة اقلاع النظام .

٤- السرعة العالية الاكثر تكرارا التي يمكن اعتبارها سرعة التشغيل الاسمية للنظام .

٥ – السرعة الاعظمية للرياح التي يمكن اتخاذها أساسا في تصميم أجزاء النظام .

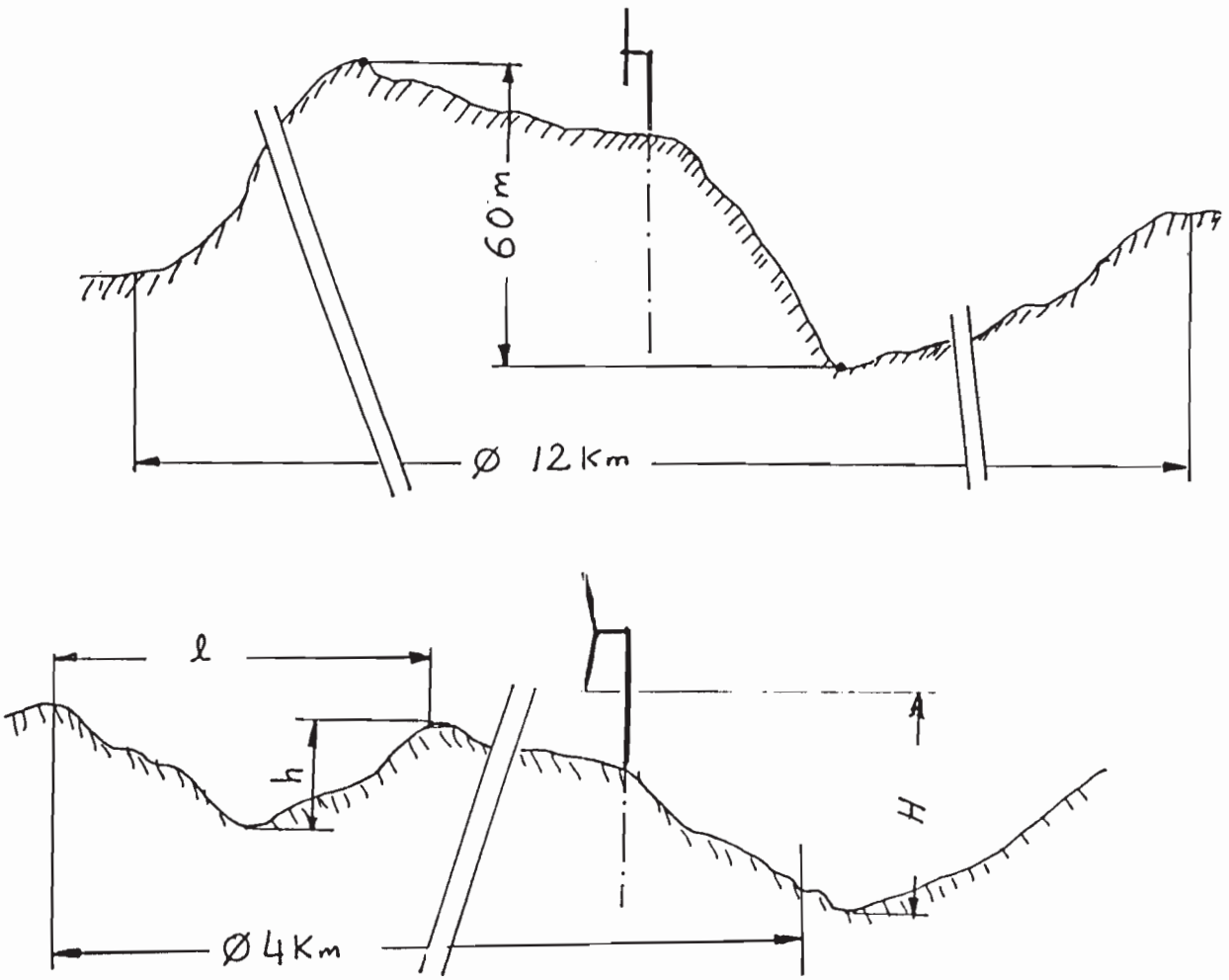
٦ – تغيير سرعة الرياح مع الارتفاع عن سطح الأرض .

و هذه الأخيرة تتعلق ،ليس فقط بالسرعة المقيسة عند ارتفاع (١٠م) عن سطح الأرض،بل بعوامل التضاريس والمعوقات الأخرى لحركة الرياح ، ان هذا التبدل في السرعة بالنسبة للارتفاع عن سطح الأرض عامل هام لاجراء حسابات تصميم أنظمة استرداد طاقة الرياح ،وحساب الطاقة المستردة من الرياح .

فالارض المنبسطة المعرفة على النحو التالي :

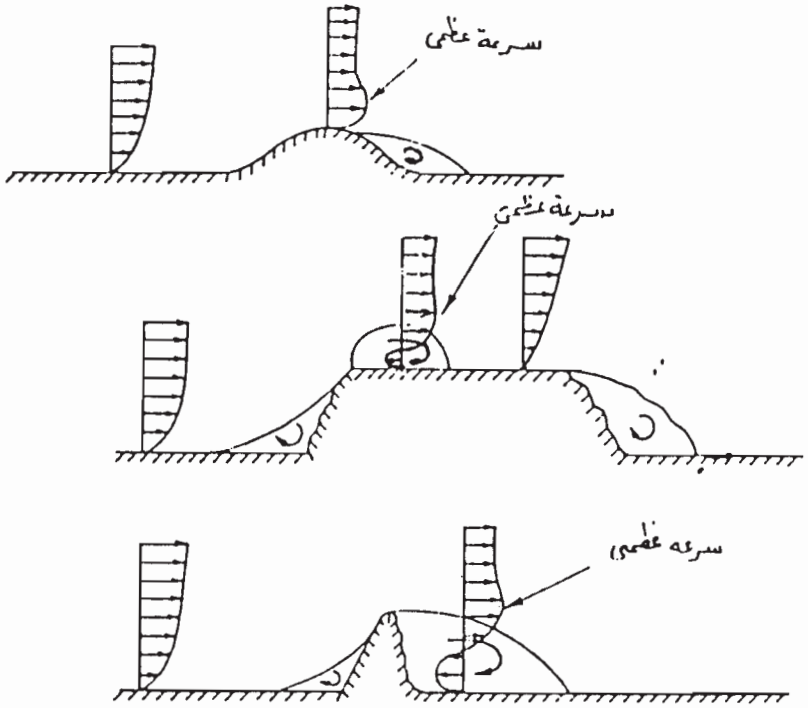
– الفرق الاعظمي بين أخفض نقطة وأعلى نقطة على موقع دائري قطره ١٢ كم ومركزه مكان توضع محول طاقة الرياح لا يزيد عن 60 م .

– كل منخفض له نسبة الارتفاع الى الطول أصغر $h/L \leq 0.16$ داخل دائرة قطرها ٤ كم ،يجب أن يكون الفرق بين أعلى نقطة وأدنى نقطة منه أقل،أو يساوي ثلث المسافة بين أخفض نقطة من الدائرة التي ترسمها المروحة وأخفض نقطة من الارض الشكل – ا – ، تعتبر أماكن ذات أهمية خاصة لاشادة أنظمة تحويل طاقة الرياح .



الشكل (١) خواص الارض المنبسطة

وتلعب الهضاب دورا ايجابيا يمكن ترجمته بتسارع تيار الهواء عندما تكون ميولها الصاعدة أو الهابطة ،بسيطة وتؤ ثـــــر النتوءات البارزة والميول الحـــــاد ة والاشجار العالية والابنية بشكل سلبـــي جدا شكل (2) .



الشكل - ٢ -

تهب على الوطن العربي أنواع شتى مـــن الرياح نظرا لاتساع رقعته ،واختـــلاف تضاريسه ومناخه ،ووقوع معظم أراضيه ضمن منطقة هبوب التيارات الشماليـــة الشرقية (بين خط عرض ٥ - ٤٥ درجـــة شمالا ، ومحصلتها ٣٠ درجة شرق الشمـــال ومعدل سرعتها ١٨ كم /ساعة،وكذلـــك توجد على أطرافه الشمالية (سواحـــل المتوسط الشمالية ،وشمال شرق المتوسط) الغربيات السائدة (بالقرب من الخط ٤٠ درجة) (باستثناء الصومال التي تقع بين صفـــر شمالا و ١٢ درجة شمالا) .

ان بعض مناطق الوطن العربي يتمتع بتردد كبير لسرعات ملحوظة يمكن اعتبارها ، مبدئيا ،مناطق مرشحة لاقامة أنظمـــة تحويل طاقة الرياح،ونلحظ منها :

اسم القطر / اسم المنطقة	سرعة الرياح (م / ثا)
الجزائر / جبال الاطلس ،الصحراء الداخلية	اكبر من 5,6
المغرب / الجبال والساحل	اكبر من 5,6
السودان / المرتفعات الوسطى	4,4-6
لبنان / ساحل المتوسط ،والجبـــال	اكبر من 5,6

سورية / ساحل المتوسط / الجبال الغربية اكبر من 5.6

فلسطين / ساحل المتوسط اكبر من 5,6

الصومال / المناطق كافة 5,6 - 6

موريتانيا / السهول الجنوبية 5,6 - 6

ونبين في الجدول التالي ،والخرائط الموازية ،تقسيمات المناطق على مساحة الوطن العربي ،حسب صنف السرعة المتوسطة للرياح السائدة على تلك المناطق . الملحق (آ) .

- خواص أنظمة تحويل طاقة الرياح -

الطاقة المستردة من الرياح لحظية،وعلى شكل طاقة ميكانيكية مأخوذة عن محور دوران الآلة ،التي يمكن استخدامها كطاقة ميكانيكية مباشرة ،أو تحويلها الى طاقة حرارية أو كهربائية ،ويقتصر استخدام الطاقة الناتجة بتحويل الطاقة الناتجة الى حرارة أو استخدامها مباشرة كطاقة ميكانيكية على الآلات ذات الاستطاعات الصغيرة جدا (١٠٠ -١٠٠٠ واط)

وقد بنيت محطات تجريبية كبيرة لتوليد الطاقة الكهربائية من الرياح،ولكن لم تستمر بالعمل بشكل طبيعي تماما . والانظمة المستخدمة في توليد الطاقة الكهربائية ذات استطاعات من ١٠٠ واط حتى ٥ ميغا واط .

ان أهم التطبيقات لاستخدام القدرة الميكانيكية المتولدة على محور الدواليب الهوائية بشكل مباشر،هي رفع المياه للري باستخدام آلات دوارة ذات محور أفقي ،ضخ المياه من الابار ، مطاحن الحبوب ،المراوح ،الضواغط ،ونظام التبريد بالامتصاص ، انتاج الهواء المضغوط المستخدم في أغراض صناعية شتى، أو تخزين هذا الهواء للاستخدام بعيدا عن مكان الانتاج .

كما يمكن استخدام الطاقة الناتجة هذه لتوليد الحرارة عن طريق الاحتكاك بين مواد صلبة ،أو تحريك الماء أو أي سائل آخر ،أو استخدام المضخات الطاردة المركزية ، التي يمكن خزنها (اي الحرارة الناتجة) في مواد ذات سعة حرارية عالية ، مثل الحجارة أو المصهور الملحي ووسائط أخرى ، كما يمكن استخدامها بشكل مباشر للاماكن التي تحتاج كميات محدودة من الحرارة ،أو بعض التطبيقات في تدفئة الاماكن ،وتجفيف المحاصيل .

تولد الطاقة الكهربائية باستخدام أنظمة تحويل طاقة الرياح .

يمكن أن تقسم الى ثلاث فئات : المحطات الصغيرة الذاتية ،محطات ثابتة تخدم الشبكة العامة على قطاع صغير ،محطات قوى تربط على الشبكات الوطنية ، والاولى منها غالبا ما تكون مخصصة لانتاج تيار كهربائي مستمر وذات استطاعات أقل من واحد كيلو واط،والتي تخزن بشكل عام في بطاريات الاسيد . محطات تغذية الشبكة المحلية الصغيرة التي تدعى (مولدات هوائية ذاتية) . Autogenerators يمكن ان تنتج الطاقة من بضع مئات (واط) حتى بضع (ميغاواط) ،ويمكن أن يكون خرجها تيارا مستمرا أو تيارا متناوبا، الصغيرة منها تستخدم لتخزين الكهرباء ، أما الكبيرة فيمكن ربطها على الشبكات لمساعدة توليد الطاقة التقليدية التي تنتج الطاقة الكهربائية لتغذية المحركات المنزلية ،التدفئة والانارة، ويمكن للانظمة الكبيرة منها أن تغذي قرى أو مناطق زراعية كاملة عند عدم توفر مصدرأخر للكهرباء(وهذه هي حال معظم مناطق الريف والمناطق

الزراعية العربية) .

أما أنظمة تحويل طاقة الرياح التي تربط على الشبكات الكهربائية ،فانها تكون موصولة بشكل مباشر ودائم على محطات التوليد (الهيدروليكية مثلا) لتغذية قطاعات واسعة بالطاقة الكهربائية . وهذه الانظمة عامة تعطي خرجا متناوبا للتيار الكهربائي بواسطة محركات تحريضية أو توافقية ، وقد تعطي خرجا مستمرا من محركات توافقية مع عاكس تيار موافق لتواتر الشبكة العامة .

- تصنيف أنظمة طاقة الرياح :

تصنف أغلب الالات المتوفرة تجاريا في العالم بحسب الشكل الفيزيائي أو التشغيل . أما بحسب الشكل فتقسم الالات الى قسمين :

- الالات ذات المحور الافقي، هي التي يكون محور دورانها موازيا للارض (المروحية - ضاخّات المياه)

- الالات ذات المحور العمودي، هي التي يكون محور دورانها عموديا على الارض (دوارة داريوس - سافنيوس - سيلكوجيرو) .

وبحسب التشغيل الهوائي تقسم الى قسمين أيضا :

- الالآت ذات طراز الرفع، و تستخدم هذه الالات الريش ،ذات مقاطع ايرودينامكية ، لتعمل عند سرعات تشغيل عالية،لتتناسب مع حركة مولدات الطاقة الكهربائية (المروحية ،داريوس - سيلكروجيرو)

- الالات ذات طراز الجر ،التي تحول طاقة الرياح الى عزوم كبيرة لتتناسب مع التطبيقات الميكانيكية المباشرة (مضخات المياه ،الطواحين ، سافنيوس) .

الالات ذات المحور الافقي،هي الاكثر انتاجا والاعم انتشارا حتى الان ،وتدير هذه الالات مولدات كهربائية مرفوعة على أبراج ،وتوءثر الريح في ريش هذه الدواليب ، إما من الامام (Amnent, Upwind وإما من الخلف ،ويتم التحكم بالدواليب لتوجيهها ، لتبقى تحت الريح ،كما يتم التحكم بسرعة الدوران عند حد ثابت تقريبا أو ايقافها عند حدود السرعة المحددة الملحق (هـ) الشكل (2)

الالات ذات المحور العمودي تنصب على محور مقام مركزيا على برج،ويكون عموديا على الارض ،وتتحلى هذه الالا ت بميزة أساسية ،وهي عدم الحاجة الى توجيه ،وكذلك عدم الحاجة الى برج كبير كما في الالات ذات المحور الافقي . وبالعكس فان حركة محور الالة ، ونظرا لعدم تثبيت الرأس بشكل كاف ،توءثر في المولد ومعدات نقل الحركة بشكل سلبي ، اضافة الى حاجة هذا النوع الى مساحة كبيرة من الارض ،وعزم اقلاعها صغير جدا ، وبعضها لا يمكنه الاقلاع ذاتيا (داريوس)،وتتطلب منبعا خارجيا للطاقة (محرك ديزل ،محرك كهربائي ، دوارة سافيتويس) عند الاقلاع .

أداء الانظمة وخواصها :

من المعلوم أن الاستطاعة المتاحة تتناسب مع مكعب السرعة اللحظية للرياح، وتعطى هذه الاستطاعة لكل متر مربع من مساحة الدولاب التي يجتازها الهواء ، وتتناسب الطاقة المنتجة فعلا ،بواسطة أنظمة تحويل طاقة الرياح (ا ت ط ر) ، مع مردود هذه الانظمة ،ومعدل تدفق

الهواء الحجمي المار عبر الدولاب ،والتغيير في الضغط بعد المروحة وقبلها ،والتغيير في الطاقة الحركية لكمية الهواء التي تعبر الدولاب .

(ومن هنا تأتي الاهمية القصوى لمعرفة عناصر الطقس وعلى وجه الخصوص الرياح في الوطن العربي) الملحق (آ)

ان النسبة العظمى من الطاقة المتاحة عند عبور تيار هواء نظام معين تساوي (59, 3%) (حسب نظرية بيتز BETZ) وتتيح الدواليب السريعة الحصول على نسبة قريبة من هذه النسبة ، (47 %)

لدولاب عدد ريشه اثنتان ،عندما تكون السرعة النوعية ∴

$$\lambda_o = \frac{\pi DN}{60.V} = 6$$

حيث N عدد دورات الدولاب (دورة / الدقيقة).

D (قطر الدولاب (م) .

V سرعة الرياح عند مقطع العبور (م / ثا) والتي يحسب على أساسها استطاعة المروحة (واط) التي تعطى بالعلاقة التالية :

$$P = AD^2V^3$$

حيث A عامل ثابت قيمة 0,15 ثم 0,2 للدوارات البطيئة والسريعة على التوالي :

والدواليب السريعة ذات المحور الافقي تتحلى بمزايا أهمها :

- بسبب سرعتها العالية فان عدد ريشها محدود 2,1 , 3 أو 4)
- بنتيجة ذلك تكون أرخص وأخف كثيرا من الدواليب البطيئة لنفس القطر .
- نسبة الاجهادات الناتجة عن ضربات الرياح الى الاجهادات الناتجة بفعل القوة النابذة المتخذة أساسا في التصميم أقل أهمية في حالة الدواليب السريعة عنها في الدواليب البطيئة .
- تأثير العواصف على مرتكزات دوران الريش حول محورها مهمل قياسا للحسابات التأسيسية .
- القوى الناتجة عن الدفع المحوري عندما يكون الدولاب متوقفا حتى لو كانت الريش في وضع العمل أصغر منها في حالة التشغيل (عمليا تعادل 40 % فقط) .

مقابل ذلك ، مساوئ هذه الدواليب ، أنها لا تقدم طاقة عند اقلاعها بسبب عزم الاقلاع الكبير لها .

ويمكن الحد من هذه السيئة ،وذلك بجعل الريش عريضة نسبيا بالقرب من المحور ،واختيار زاوية حيود بدقة ، أو باستخدام ريش ذات خطوة متغيرة .

تختلف المقاطع (Profils) المستخدمة في صناعة الريش حسب صنف الالة ، فالآلات البطيئة تستخدم مقطعا رقيقا مقعّرا ، وتستند هذه الريش الى مجموعة من العوارض (تشكل أذرع الدولاب الدوار ؛ في حين تستخدم الالات السريعة بشكل عام سطحا محدّبا (كوتجن) أو محدب الوجهين،ولكن غير متناظر .

(NACA 44 XX 230 XX)

أو أنواع أخرى .

تحتاج هذه المقاطع الى جرّ صغير ، وتؤدي بذلك مزدودا (ايروديناميكيا) مرتفعا بسبب شكلها .

يتم توجيه هذه الانظمة لتبقى تحت تأثير الرياح بوسائط متعددة أهمها (في الدواليب الكبيرة) :

- وضع الريش على المحور،حيث يتم دخول الهواء من الخلف .

- بواسطة سيرفو - موتور .

ويفضل أن تكون سرعة دوران الدواليب ،في أغلب الحالات ،ثابتة تقريبا . وتستخدم لهذه الغاية منظمات السرعة التي تقوم اضافة لذلك بتخفيف ضغط الرياح العالية السرعة وفعلها . ويتم ذلك بموجب مجموعة من الطرق تقسم الى قسمين ،حالة الريش الثابتة ،وهي نادرة الاستخدام في الانظمة الكبيرة ، وحالة الريش القابلة للتوجه . وتعتمد الاخيرة على مجموعة كبيرة من الحلول، يعتبر أهمها استخدام مبدأ الطرد المركزي في عملية قيادة الريش الى الموقع المناسب للسرعة الاسمية ، وكذلك :

- التنظيم الالكتروني ،الذي يعمل على وضع النظام عند سرعة ثابتة ، أو : تنظيم الاستطاعة المستهلكة بتابعية سرعة الدوران حسب برنامج مقرر مسبقا ، أو يحافظ على شروط التشغيل الدنيا للنظام (بما يكفل انتاج استطاعة عظمى) .

تتجلى الاهمية القصوى لانظمة تحويل طاقة الرياح في الجزء الاساسي ((الريش)) وتصميمها وصناعتها، ويصادف ذلك مشكلتان للحل :

- الدراسات الايروديناميكية للريشة : اختيار المقطع ،عرضه وزاوية الحيود ، وعدد الريش في الدولاب ... تشكل أولاهما.

وثانيهما : الدراسات الميكانيكية للريشة : مقاومة المواد ، اصطناع المواد وعلم المواد ، الانشاءات المعدنية ، الميكانيكك العقلي . تصميم الالات... .

تعمل الريش تحت تأثير مركبات العمل التالية : فعل ذبذبة سرعة الرياح مقدار ١٠ ٠/٠ حول سرعة التشغيل للرياح) الذي ينتج تبدلا في التردد يعادل سدس التردد الاسمي ،وفعل تدرج سرعة الرياح على قطر الدولاب الذي ينتج قوة تتغير مع سرعة الرياح الموضعية . والثقالة الارضية التي ينتج عنها عزم انحناء عند دوران الدولاب، وينتج عن فعل هذه المركبات اجهادات ، تستخدم لتحليل التعب الناتج في الريش ، وسلوك المعدن خلال عمر التصميم الذي لا يقل عن ٢٠ عاما . اضافة لما ورد اعلاه من مركبات الحمل يجب ،زيادة في الامان ، دراسة تأثير الاهتزازات الميكانيكية في الشفرات .

تقسم الريشة الى قسمين أساسيين، الاول جسم الريشة (الشفرة أو الشفرات) والثاني الاستناد أو الجذر . وتقوم الشركات المنتجة بالتنافس للوصول الى أفضل صور الانتاج،ولكل منها وسائلها وطرقها الخاصة لذلك .

- اختبار المواد ومتممات الريشة :

تعتمد اختبارات خواص المواد المستخدمة في حسابات التصميم على الاختبارات الجارية على هذه المواد سابقا ،أو في أثناء تصنيعها . ونخص الاختبارات التالية :

اختبار خواص المواد ستاتيكيا وديناميكيا .

اختبار الريشة بوضعها النهائي ويتضمن :

× التأكد من صحة التصميم المفترض ، وكذلك توافق عامل الامان عند المقطع الحرج .

× التحقق من النوعية . وتوافقها من المواصفات القياسية المحلية ، أو الدولية .

التعب أو الكلل على الريشة الجاهزة للاستخدام، وذلك بعد التركيب (ملحق هـ) الشكل 1

تُحمل مجمل المعدات على برج يتناسب ارتفاعه مع معطيات الموقع والاستطاعة الاسمية للنظام . وتصنف الابراج حسب صنعها الى :

١- الابراج المصنوعة من البيتون المسلح .
٢- الابراج المصنعة على شكل هيكل معدني من جوائز فولاذية .
٣- الابراج المصنوعة على شكل أنبوب فولاذي .

ويخضع تصميم الابراج ،بشكل عام ،لقوانين الانشاءات المدنية ، وتلعب السرعة العظمى للرياح التي تسود الموقع على مدى طويل (يفضل ٥٠ عاما) ،الدور الرئيس في حسابات الابراج ، اضافة لفعل غرفة المعدات والدوار الهوائي ،التي يتناسب وزنها بشكل عام مع استطاعتها الاسمية (يراعى أن يكون العمر التصميمي للبرج ٣٠ عاما على الاقل .

تجمع المعدات على قاعدة، ثم يبنى حولها غرفة المعدات ، ويخضع تصميمها لشروط الانشاءات المدنية ،ويراعى بذلك الاعمال الميكانيكية والكهربائية ،وتعطى غرف المعدات شكلا انسيابيا، ليخفف ما أمكن مقاومته للرياح وعدم التأثير في شكل مقطع لسرعة الرياح .

تجهز غرفة المعدات لتصبح قادرة على العمل فعلا ،قبل وضعها أعلى البرج ،وتضم المعدات التالية :

× علبة السرعة ،وتضم محاور السرعة الرئيسة ،ومحاور السرع الثانوية ، ومرتكزاتها ومسننات نقل الحركة على كل من هذه المحاور .
× المولدة التي تكون عامة ،محركا لا توافقيا (لا تزامنيا) أو منوبة ،ومعدات ، ربطها الى الشبكة العامة .
× عين الدوار ،ويضم بدوره أجهزة التحكم بخطوة الريش،والريش ذاتها الامامية لمحور الريش وأجهزة الفرملة والاقفال .
× مضجع التوجيه ومعدات التحكم بذلك.
× رافعة مناسبة .
× محرك التوجيه.
× غرفة التحكم والقيادة .
× الثقل الموازن.
× مداخل المصعد الرئيس ومصعد الانقاذ.
× الادراج ،وأماكن راحة العاملين .

ان الدراسات النظرية لمجمل ما ورد أعلاه متوفرة بكثرة في الادبيات العامة للعلوم المعنية بذلك ،وتبقى قابلة للتطوير والتعمق أكثر فأكثر ، وخاصة علوم المواد وخواصها ،واصطناعها.

ندون في الملحق S أهم خواص كبرى أنظمة تحويل طاقة الرياح الموجودة في العالم ،والموضوعة في العمل فعلا ،أو التي كانت قد وضعت .

كما ويصادف مستقبل توليد الطاقة من الرياح باستخدام انظمة تحويل طاقة الرياح الكبيرة ،اضافة للتقنيات اعلاه، مشكلة هامة جدا،وهي تمويل اقامة مثل هذه الانظمة،وخاصة في الدول التي تعاني من خلل كبير في ميزان مبادلاتها التجارية .

حل هذه المشكلة يدخل في عداد الشؤون والعلاقات الدولية، ونشير الى أهم الموءسسات المالية التي يمكن ان تساهم في تمويل مثل هذه المشاريع حاليا على المستوى العالمي :

- البنك الدولي
- البنك الدولي للاعمار والتنمية IBRD
- الجمعية الدولية للتنمية IDA
- البنوك الاقليمية
- بنك وسط أمريكا للانماء IADB
- بنك الانماء الاسيوي ADB
- بنك الانماء الافريقي AFDB
- بنك الانماء الكاريبي CDB
- منظمة الدول المصدرة للنفط OPC
- برنامج الامم المتحدة للتنمية UNDP
- موءسسة النقد الدولية IMF
- البنك العربي للتنمية الاقتصادية في افريقيا B BADED
- بنك التنمية الاسلامي lSDB
- موءسسة النقد العربية للاقتصاد والتنمية الاجتماعية AFFSD
- رأس المال السعودي ،والكويتي ، والظبياني .

ونشير الى عدم وجود دليل لمساهمة الموءسسات النقدية العربية المبينة أعلاه في برامج استثمار طاقة الرياح (الا بشكل قطري)؛ويساهم البنك الدولي في مشاريع الريف والمناطق الزراعية. وقد وصلت المساهمة الى بليون دولار سنويا؛ ويساهم بنك انماء أمريكا الوسطى في ربط (١٥٠٠٠) مسكن الى الشبكة (٢)مليون كيلو واط ساعي سنويا)؛كما تساهم الموءسسات الاخرى في مجالات مختلفة للطاقة . ولكن لا توجد موءسسات تساهم بشكل مباشر في مشاريع استثمار طاقة الرياح على المستوى الدولي ، او من ضمن برامج الانماء والاقراض أو المعونات الفنية التي تقدمها الدول الغنية الى الدول الفقيرة ، ويجب ايجاد تسويغ لذلك .

- الخلاصة -

يتوقف مستقبل أنظمة تحويل طاقة الرياح الكبيرة على شروط أساسية أرى منها :

١- الايمان المطلق بعدم كفاية البترول والغاز والفحم في المستقبل لخدمة البشرية ، بما يتناسب مع حاجتها وتزايد عددها المستمر وادراك أهمية الطاقة في حياة الانسان ورفاهه وصنع مستقبله .

٢- عدم اللجوء الى مولدات الطاقة النووية كبديل لمصادر الطاقة التقليدية ، لانطوائها على مخاطر تهدد الحضارة الانسانية بأكملها ، وخاصة في البلدان التي تفتقر الى التقنيات المناسبة .

٣ - ايجاد وسائل للتوعية الجماهيرية / دول العالم الثالث خاصة / لضرورة الحد من الهدر في استهلاك الطاقة وضرورة الحفاظ على البيئة .

٤- توفير الامكانات المادية الضرورية وتقديم المعونات الفنية للدول ذات العوز ،لاقامة نظم تحويل طاقة الرياح .

٥- تبديد خوف روءوس الاموال من الاخفاق في الاستثمار في مجال طاقة الرياح، وزيادة عدد الموءسسات النقدية ذات الطابع الدولي أو الاقليمي المقرضة ،وتشجيع رأس المال العام بالاستثمار في هذا المجال .

٦ - تخفيض كلفة اقامة محطات تحويل طاقة الرياح ورفع كفاءتها وجودتها ، لتنافس بذلك محطات مشابهة تعتمد الطاقات البديلة الاخرى / الخلايا الفوتوفولطية / وحرارة جوف الارض / ٠

× ومن الناحية الفنية / وخاصة في الاقطار العربية /

١- تعميق التعاون العربي في مجال تبادل المعلومات ،حول الطقس السائد وخاصة الرياح ٠

٢- تحديث معدات محطات الرصد القائمة حاليا وخاصة في بلدان العالم العربي واقامة محطات رصدية خاصة على مواقع محتملة لدراسة عناصر الرياح،والاستفادة من الامكانات التي توفرها أنظمة الاستشعار عن بعد،وخاصة المحطات المدارية والاقمار الصناعية ٠

٣- استمرار الدراسات الخاصة بتطوير أنظمة تحويل طاقة الرياح للحصول على أنظمة ذات استطاعة عالية ،ونشر هذه الدراسات بما يمكّن من الاستفادة منها ٠

٤- اعداد نتائج الدراسات التي تجرى على الانظمة القائمة حاليا على الموقع ، أو في المختبرات ،وجدولتها ، وتوافق هذه النتائج مع الدراسات التصميمية الاساسية، ومدى الجيود وأثره ٠

٥- دراسة التأثير المتبادل بين انظمة تحويل طاقة الرياح والمحيط وسكانه ،ومدى تلوث الجو من الانظمة على المدى الطويل ٠

٦ - توحيد قياسات أنظمة تحويل طاقة الرياح،واخضاعها لتوصيف دقيق يُعد لهذه الغاية ،ويعمل به في جميع أنحاء العالم من خلال المنظمة العالمية للتقييس (ISØ)

٧- اعتماد مبدأ وحيد لتحديد شكل مقطع الرياح،لاعتماده في حسابات التصميم ٠

النتائج :

١- ان الالات الكبيرة لتحويل طاقة الرياح ،وصلت الى مستويات فنية على المستوى العالمي ،يجعلها بالضرورة مرشحة لتحل في مكانها الصحيح في انتاج الطاقة ؛ وتحتل الالات الكبيرة ذات المحور الافقي مكان الصدارة على غيرها ٠ ودليل ذلك المنافسة العالمية الواسعة لانتاج آلات من هذا الصنف ، وتجريبها وربطها على على الشبكة العامة (الملحق ٥) ٠

٢- ضعف المساهمة العربية في هذا المجال ٠ اذ لا يوجد أي دليل لوجود طموحات لدى الاقطار أو الصناعة أو الرأسمال العربي للاهتمام بهذا النوع من الالات ٠ وهذا يعني توالي النزف النفطي العربي والطاقة الحيوية الناتجة عن حرق الاخشاب ،على حساب المخزون من هاتين المادتين وأثره السلبي في البيئة ومستقبل التنمية في الوطن العربي ٠

ونوصي بما يلي :

١- اقرار مبدأ ضرورة وجود أنظمة تحويل طاقة الرياح لضرورتها ٠

٢- اجراء المسح الشامل لكل الاراضي العربية المحتملة، وتحديد حقول

الرياح ومعرفة عناصرها عند كل حقل ،يعتبر أساسا جوهريا لمستقبل استثمار طاقة الرياح في الوطن العربي،وان الدراسات لعناصر الموقع والحاجة للطاقة ، تقرران الاهمية الخاصة لنوع نظام تحويل طاقة الرياح .

٣- اعداد الاطالس والجداول المناخية للعالم العربي بالتعاون الجاد بين المنظمات القطرية للارصاد الجوية والمناخ وآخرين . وتضمينها التوزع السكاني والاراضي الزراعية والصناعات الريفية ورسم خرائط تساوي خطوط القدرة المتاحة في الرياح عند مستوى القياس في الوطن العربي .

٤- تشجيع رؤوس الاموال العربية وخاصة المصدرة للنفط للاستثمار في هذا المجال ،وايجاد مؤسسة نقدية عربية تعنى بشؤون هذه الطاقة واستثمارها .

٥- تطوير التقنيات البسيطة والصناعة القائمة حاليا والارتقاء بها، لتتمكن من تصميم وانتاج هذه الالات ، وخاصة المتوسطة، وتترشح المغرب وتونس ومصر لتطوير ما لديها الان من معدات ،وهناك مواقع هامة جدا في أقطار عربية في افريقية ،اضافة للبعض في آسيا ،يمكن اقامة محطات ومزارع هامة فيها لانظمة تحويل طاقة الرياح لتوليد الطاقه الكهربائية .

٦- تطوير أنظمة تحويل طاقة الرياح التي تعمل عند سرعة رياح متوسطة صغيرة نسبيا لاستخدامها على نطاق واسع في التجمعات الزراعية والريفية ،لما تعانيه هذه المناطق من انخفاض معدلات استهلاك الطاقة في أغلب الاقطار العربية، ومفهوم أهمية ذلك ومردوده الايجابي على التنمية في المجتمع الريفي في الوطن العربي .

٧- تطوير الدراسات على المناطق التالية (الملحق آ) .

آ - الاراضي الصومالية كافة ، وعلى وجه الخصوص السواحل الشمالية المقابلة لخليج عدن ،وترشح هذه المنطقة لانتاج كميات عظيمة من الطاقة باستخدام أنظمة تحويل طاقة الرياح ونقلها الى أماكن الاستخدام المرشحة لذلك ؛ اضافة الى تطوير الدخل الوطني للصومال ورفع المساحات المروية وزيادة مخصصات الطاقة للفرد الواحد .

ب - المغرب : ساحل الاطلسي الجنوبي والاوسط ، وكذلك المرتفعات الجنوبية الشرقية المطلة على الصحراء ،وامكانية استخدام آلات ذات حجوم متوسطة وكبيرة لانتاج طاقة كهربائية تغذي الشبكة الوطنية المحلية ؛ أو شبكات صغيرة للمناطق الزراعية والريفية ،وتفضل الالات ذات الاستطاعة المتوسطة من طراز واحد ،لاقامة مزارع بدلا من آلة واحدة

ج – موريتانيا : بجميع مناطقها ، وبالتالي فان استخدام آلات تحويل طاقة الرياح الكبيرة والمتوسطة والصغيرة غير قابل للطعن ،ولجميع الاغراض الزراعية ، والصناعية . وبذلك يتم تخفيض مستوردا تها من النفط واستهلاك الاخشاب للحصول على الطاقة بنسبة كبيرة (الملحق ب) .

د – الجزائر : باستثناء المرتفعات الجنوبية الشرقية ،فان ٥٠ ٠/٠ من المناطق في الجزائر مرشحة لاقامة أنظمة تحويل طاقة الرياح الكبيرة ، لانتاج وتوليد الطاقة الكهربائية ،لتربط الى الشبكة الوطنية (وخير دليل على تواتر رياح عالية بشكل كبير ،حَمْلُ ANDREAU - ENFIELD من بريطانيا بعد تحطمها ،بسبب الاضطراب الكبير ،الى الجزائر عام ١٩٥٧ ،بعد أن أعيد بناوءها وذلك قصد الاختبار (الملحق د) .

هـ – تونس : تتمتع معظم الاراضي التونسية بخصائص مميزة ،وتساهم الحكومة التونسية بالاقراض لمستخدمي طاقة الرياح . وتهتم الصناعة (سيربت) بانشاء آلات لضخ المياه بشكل مميز .

ز – السودان : يمكن انتاج كميات كبيرة من الطاقة باستخدام آلات ذات استطاعات متوسطة أو كبيرة ، لاستخدامها لاغراض الزراعة وتنمية الريف ، وللخفض من مستورداتها من الطاقة . ونقرأ في الملحق (ج) الحجم الهائل المصروف من الطاقة المصروفة في الريف والزراعة . ولا يوجد دليل على استخدامها لطاقة الرياح .

ج – قطر والبحرين : جميع المناطق في قطر والبحرين ذات تردد عال ، ويمكن استخدامها في توليد الطاقة لتربطها على الشبكة العامة ،وكذلك الاغراض الزراعية وخاصة في صناعة التبريد .

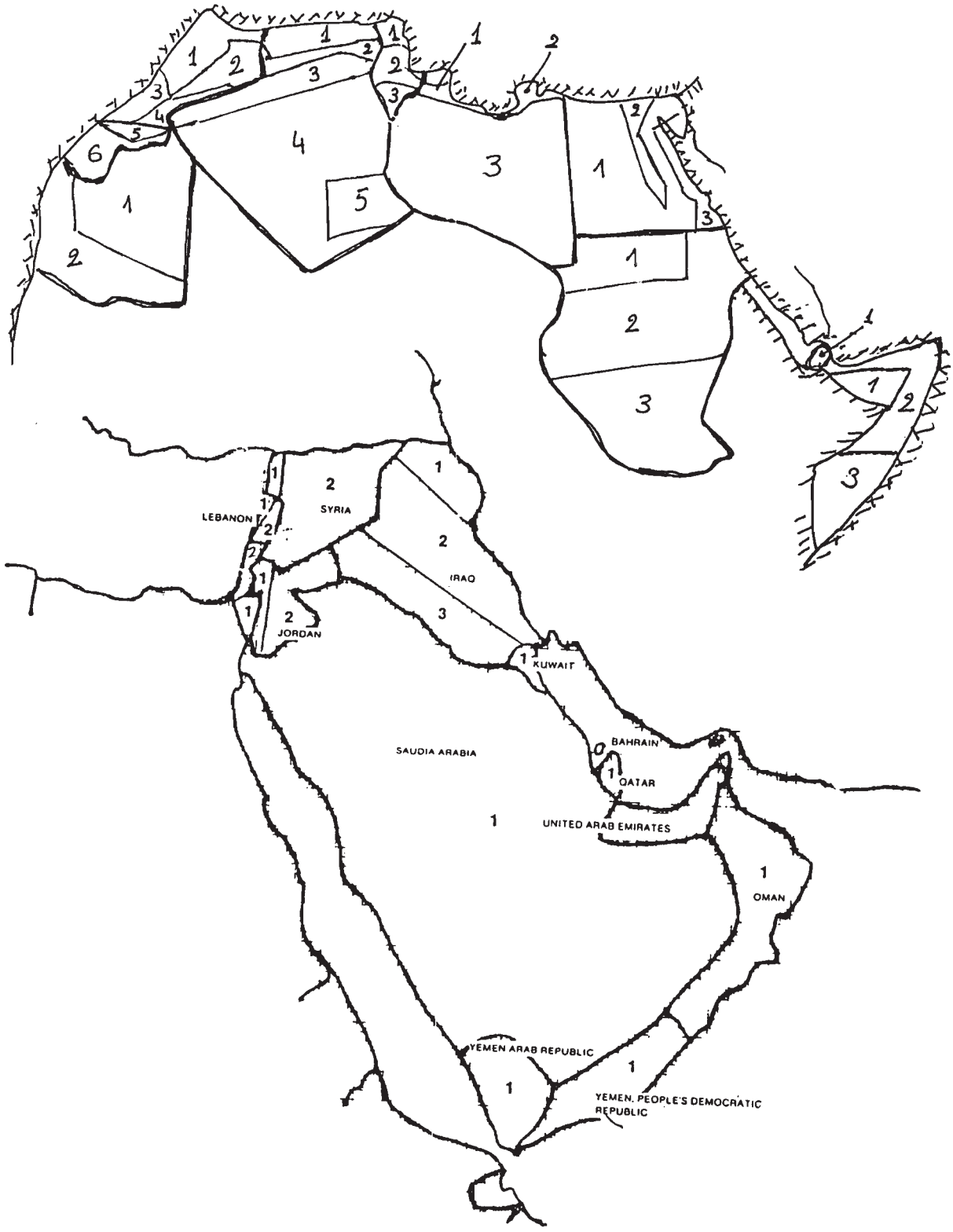
ط – في سورية تتمتع المناطق السورية الساحلية وحوض العاصي بتردد عال للرياح التي يمكن استخدامها في توليد الطاقة الكهربائية ، باستخدام آلات تحويل طاقة الرياح الكبيرة وربطها الى الشبكة العامة .

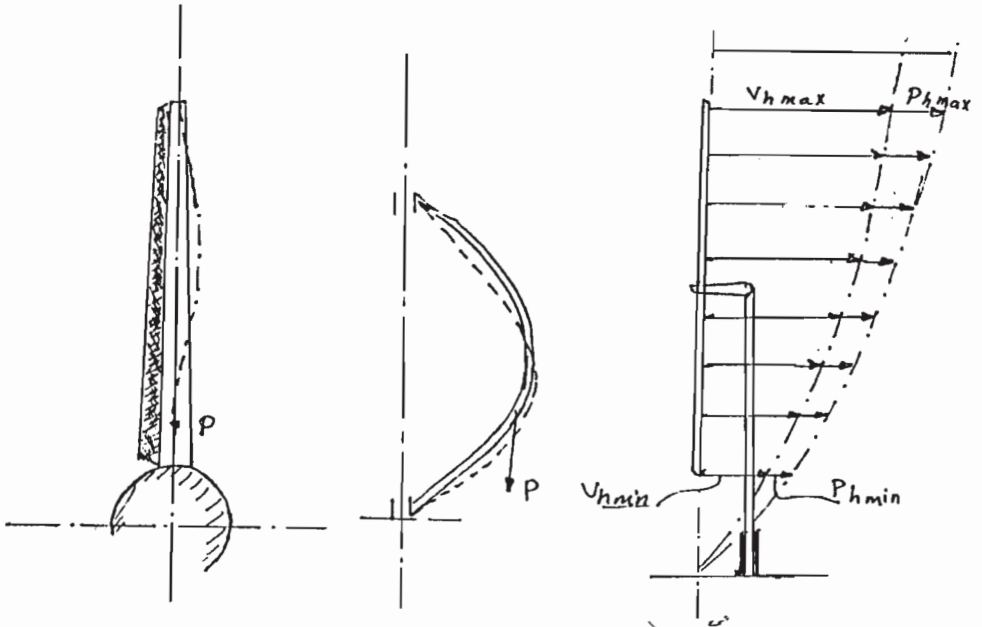
الملحق (آ)

نسبة المساحة من مساحة القطاع المقيس عليها المتوسط السنوي للسرعة						الاراضي الزراعية	
صنف السرعة	1	2	3	4	5-7	مروية	غير مروية
متوسط السرعة (م/ثا)	<4,4	44 5,1	5,1 5,6	5,6 6	>6	هكتار	هكتار
الاردن 1 المرتفعات الغربية 2 السهول الشرقية		80 100	10	10		100- 50	3000-1000
الامارات العربية الصحراء الساحلية		80	20			50 - 5	<100
البحرين			100			<5	<100
تونس 1 الساحل الشمالي 2 المنطقة الوسطى 3 الصحراء		20	100 50 20	50 60		500-100	3000 6000
الجزائر 1 الساحل 2 الاطلسي 3 السهول الشمالية 4 الصحراء 5 المرتفعات الجنوبية الشرقية	50	40 10 20 25 45	60 60 60 20 5	30 20 50	5	500-100	>6000
جيبوتي		95	3	2		5	100
السعودية		90	10			500 100	3000-1000
السودان 1 ـ الصحراء 2 ـ المرتفعات الوسطى 3 ـ المنطقة الاستوائية	30 30 50	25 30 25	25 15 20	18 20 5	2 5	>1000	>6000

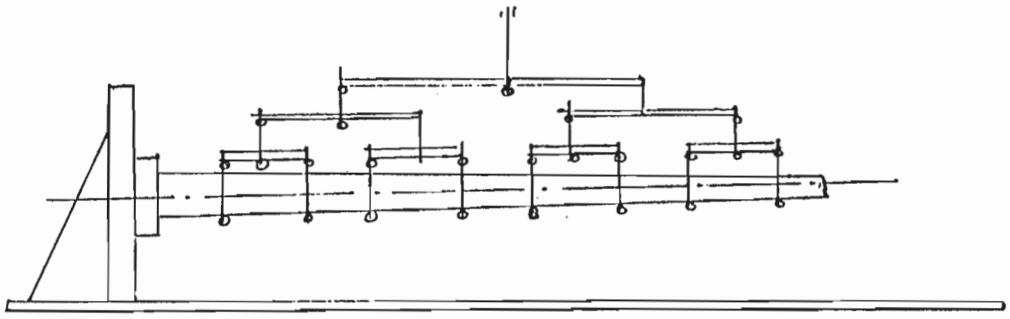
نسبة المساحة من مساحة القطاع المقيس عليها المتوسط السنوي للسرعة							الاراضي الزراعية	
صنف السرعة	1	2	3	4	7.5		مروية	غير مروية
متوسط السرعة (م/ثا)	4,4>	5,1-4,1	5,6-5,1	6-5,6	>6			
سوريـــا							100-500	3000 - 6000
1 – الجبال الساحلية			25	50	25			
2 – الصحراء الداخلية	5	85	5	5				
– الصومال							500-100	3000-1000
1 – المرتفعات الشمالية				70	30			
2 – الساحل الشمالي		5	5	10	80			
3 – السهول الساحلية الشرقية				50	50			
العـــراق							>1000	3000 6000
1 – الجبال الشمالية	90	5	5					
2 – السهول الوسطى	90	10						
3 – الصحراء الجنوبية	70	30						
عمـــان							5>	100>
1 – الصحراء الساحلية	10	75	10	5				
– فلسطين							500-100	500-100
– الصحراء		90	5	5				
– الساحل		50	20	15	15			
قطـــر			100				505	100 >
الكويـــت	20	60	20					

الاراضي الزراعية		نسبة المساحة من مساحة القطاع المقيس عليها المتوسط السنوى للسرعة				
غير مروية	مروية	7-5	4	3	2	1 >
١٠٠٠ × هكتار	١٠٠٠ × هكتار	6<	5,6 6	5,1 5,6	4,4 5,1	4,4>
500-100	100-50					
			25	25	50	
		3	47	20	30	
-1000 3000	500-100					
					100	
				50	50	
				2	23	75
-1000 3000	1000 <					
				10	20	70
				5	20	75
			3	12	30	75
5000-1000	500-100					
			10	65	20	
		10	10	70	10	
		5	25	70		
		3	47	50		
			50	50		
		20	60	20		
1000 3000	5 <					
			40	60		
		10	80	10		
3000-1000	500-100		5	5	90	
500-100	50-5		2	3	95	


LEBANON
SYRIA
IRAQ
JORDAN
KUWAIT
SAUDIA ARABIA
BAHRAIN
QATAR
UNITED ARAB EMIRATES
OMAN
YEMEN ARAB REPUBLIC
YEMEN, PEOPLE'S DEMOCRATIC REPUBLIC

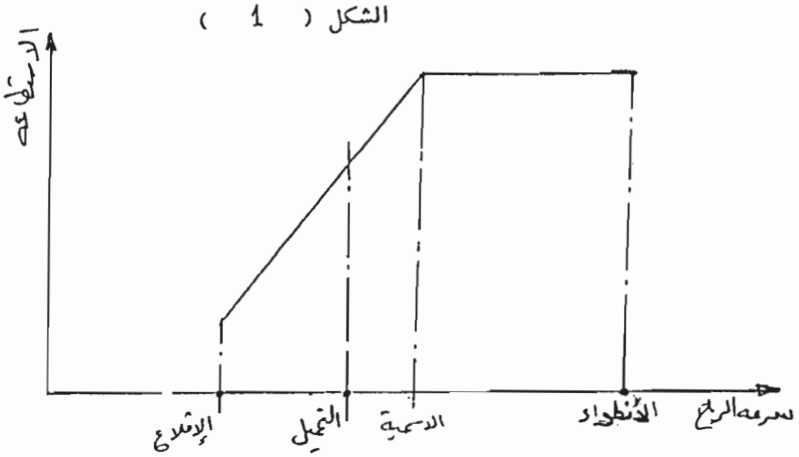


تأثير تدرج سرعة الرياح على ريش الدولاب ظاهرة التحدب تحت تأثير الوزن الذاتي



تجربة الانحناء الساكن

الشكل (1)



الشكل (2)

الملحق (هـ)

الملحق (ب)

القطر	تصنيف الاقطار العربية حسب استيراد الطاقة		
	مصدرة للنفط		مستوردة للنفط بنسبة (٠/٠) من مجمل انتاج الطاقة المحلية ٠
	أوبك	غير أوبك	
الاردن			100-75
الامارات العربية	*		
البحرين		*	
تونس		*	
الجزائر	*		
جيبوتي			100-75
السعودية	*		
السودان			100-75 (* *)
سورية		*	
الصومال			100-75 (* *)
العراق	*	*	
عمان		*	
فلسطين			
قطر	*		
الكويت	*		
لبنان			75-50
ليبيا	*		
مصر		*	(* *)
المغرب			100-75 (* *)
موريتانيا			100-75 (* *)
اليمن العربية			100-75 (* *)
اليمن الديمقراطية			100-75 (* *)

(* *) بلدان تستخدم طاقة الخشب بكثرة ،وسوف تعاني من مشاكل في البيئة عام (2000)

الملحق (ج)

الخواص / اسم القطر	عدد السكان مليون نسمة ١٩٧٨	دخل الفرد السنوي دولار امريكي ١٩٧٦	استهلاك الفرد من الطاقة كغ فحم	الطاقة المصروفة في الزراعة والريف ميغا واط/ عام	السرعة × صنف	اهتمام الدول العربية بالطاقات البديلة + اهتمام لا يوجد		
						شمس	ريح	
الاردن	3	1050	535	914	2	+	X	
الامارات العربية	08	-	-	28	2	O	O	
البحرين	0,4	-	-	12	3	O	O	
تونس	6	534	543	1024	4			ضخ مياه ،ري
الجزائر	17,7	1260	687	3467	4			
جيبوتي	0,3	-	-	9	3	O	O	
السعودية	8,2	6790	1306	2123	2		O	
السودان	17,4	320	172	6850	2		O	
سورية	8,1	930	968	1565	2			محطة تجريبية
الصومال	3,7	130	55	900	7-5	O		ضخ المياه
العراق	12,1	1680	1808	2300	1			
عمان	0,8	2570	-	177	2			كهرباء - ضخ مياه
فلسطين	-	-	-	474	2			
قطر	0,2	12740	-	15	3	O	O	
الكويت	1,2	14979	6771	126	2		O	
لبنان	3		936	609	2		O	
ليبيا	2,7	6910	1900	1029	1		O	
مصر	40	1001	463	9579	1			ضخ مياه ،توليد طاقة
المغرب	19	670	290	4107	4			= = - طحن حبوب
موريتانيا	1,5	270	203	270	4			-
العربية اليمنية	5,5	520	503	2554	2	O	O	
اليمن الديمقراطية	2	420	523	315	2	O	O	

* مقدار متوسط السرعة السنوية المقابل للصنف (م / ثا)

١ - أقل من ٤ر٤ ، ٢ = ٤ر٤ - ٥ر١ ، ٣ = ٥ر١-٦ ر٥ ، ٤= ٦ر٥ - ٦ر١ ٥-٧ = اكبر من ٦

الوصف	الوحدة / الطراز	الدوار					
		القطر	الاستطاعة الاسمية	سرعة الدوران الاسمية	التحكم بسرعة الدوران	دخول الهواء الى الدوار من :	التوجيه
	الطراز	(م)	كيلو واط	د/د			
الولايات المتحدة	MOD-1	61	2000	35	تغيير زاوية الخروج	الخلف	ذاتي
	MOD-11	91,5	2500	17,5	* تغيير زاوية الخروج	الامام	ميكروبرسور هيدروليك
السويد	GOTLAND	75	2500	-	تغيير زاوية الخروج	الخلف	ذاتي
	MAGLARP	78	3000		=	الامام	سيرفوموتور
المانيا الغربية	GROWIAN -1	100,4	3000	18,5	=	الخلف	ذاتي
	GRWIAN-11	1.45	5000	18,5	=	الخلف	ذاتي
الدانمرك	VOLAND	28,3	265	2842	تغيير زاوية الخروج. طارد مركزي	=	=
	NIBE	40	* * *	34	تغيير زاوية الريشة. طارد مركزي	الامام	سيرفوموتور * * هيدروليكي
فرنسا	NYRPIC	-	-	=	=	الخلف	ذاتي
	ANDREAU Enfield	-	-	-	تبدل زاوية الخروج	الخلف	ذاتي
بريطانيا	ECOSS	60	3700 ****	34	فرملة	الامام	

* يتم التحكم على طرف الريشة الخارجي المتمفصل فقط .

* * تتم القيادة بواسطة حاسوب .

* * * يقدر الانتاج السنوي (٥ر١ جيجا واط ساعي) .

* * * * الحد الادنى عند السرعة الاسمية .

بلد المنشأ	الوحدة / الوصف / الطراز	خواص الرياح في الموقع (1)			الريشة		
		سرعة التحميل	السرعة الاسمية	السرعة الانطواء	عدد الريش	طراز المقطع	مواد الصنع ومواد التغطية
		م/ثا	م/ثا	م/ثا			
الولايات المتحدة	MOD-1	-	11,2	-	2	مقطع متبدل	الفولاذ
	MOD-11	-	12,5	20	2	NACA 230 XX	*
السويد	GOTLAND	6	13	21	2	-	*
	MAGLARP	6	13	21	2	-	*
المانيا الغربية	Growian-1	6,3	11,8	24	2	FX/77/W 4,25m^{-1},3m	*
	Growian-11	-	11	-	1		*
الدانمرك	VOLAND	-	13	-	3	NACA 4412/4420	بوليستر مسلح
	NIBE	6	17	25	3	NACA 4412/4434	*
فرنسا	NEYRPIC	-	17	-	3	خطوة متبدلة	هيكل معدني - بلاستيك
	ANDREAU - Enfield	-	13,5	29	2	-	معادن خفيفة
بريطانيا	ECOSS	-	7	22	2	خطوة ثابتة	من الفولاذ - * *

* هيكل معدني مغطى بالبوليستر المقوى بالصوف الزجاجي .

* * ذات ممر هوائي للاقلال من تأثير الطرد المركزي

بلد المنشأ	الوصف / الوحدة / الطراز	البرج		المولدة	علبة السرعة	
		الارتفاع	مواد الصنع	الخواص	الخواص	
الولايات المتحدة	MOD-1	4,7	هيكل معدني من الانابيب	منوبة 1800 د/د 60 هـ/ثا	مضاعف سرعة قطار مسننات مستوية	(١)
	MOD-11	91	انبوب من الفولاذ	تزامني 4 اقطاب 1800 د/د	=	(٢)
السويد	GOTLAND	80	بيتون مسلح	لا تزامني	—	(٣)
	MAGLARP	80	أنبوب من الفولاذ	منوبة	—	(٤)
المانيا الغربية	GROWIAN-1	100	أنبوب من الفولاذ	لا تزامني 1800 د/د ك ف 6,3	مضاعف سرعة وحيد قطار مسننات مستوية	(٥)
	GROWIAN-11	110	أنبوب من الفولاذ	=	=	(٦)
الدانمرك	VOLAND	28	أنبوب فولاذي مقطع متغير	لا تزامني عدد (٢) 57 - 265 KW	مضاعف سرعة وحيد	(٧)
	NIBE	41	بيتون مسلح	لا تزامني اربعة اقطاب 6 ك ف 630 ك واط	مضاعف سرعة وحيد	(٨)
فرنسا	NYRPIC	61	هيكل معدني	لا تزامني 1350 د/د	مضاعفين للسرعة سلسلة +مسننات	(٩)
	ANDREAU - Enfield	30	هيكل معدني	منوية 100 ك واط	-	(١٠)
بريطانيا	ECOSS	45	هيكل فولاذي	لا تزامني- ثلاثي الطور 8 اقطاب 750 د/د 50 هـ/ثا 3,3 ك ف	مضاعف سرعة وحيد قطار مسننات مخروطية	(١١)

* ارتفاع البرج = المسافة من الارض الىمركز الدوار ، أو الى دائرة استوائية دوارة داريوس .

REFERENCES

1- Guide D'implatation des Eoliennes, par ph.duchene-marulaz- Ch.Sacare,C.S.T.P Nante-France.

2- Comportement Gyroscopiques des eoliennes A Axe Horizontal, raport final d'etude, derige par le professeur J. driviere.ENSAM- Paris - FRance.

3- Eolienne Aerowatt type un (70)(10kw)calcule des performances, Labo.d'airodynamique (ENSAM)Paris -France.

4- Energie Eolienne. par D . le Gourieres,Eyrolles 1982.

5- European wind energy Association, volume 111,No.4,April 1984 .

6- Wind effects on structures. Emil Simiu and Robert H . scanlan,A wiley-Interscience publication.

7-A Siting Handbook for small wind Energy Conversion Systems. H.L.wegley-J.V Ramsdall-M.M.Orgill and R.L. Drake, Battelle pacific North west Laboratories .

8- Design, constraction and performance of wpx wind Turbine rotor blades.Ir. w.E.de boer, European wind energy conference,22-26 OCT 1984,Hamburg, F.R.G.

9-Fiat wind energy converters in the power range 50-100kw Models already built . Operating experience,further developments.G.vidossich - fiat TTG. European wind energy conference,22-26 oct. 1984,Hamburg,R.F.A.

10-A Boundry lauar model for wind flow over hills: comparison of model Results with asker vien 1983 data . J.L.walmsley and J.R.Salmon. European wind energy conference, 22 - 26 Oct . 1984 ,Hamburg, F.R.G.

11-Atheoretical investigation of the desing of A Horizontal axis wind turbine.ch.hirsch, R.derdelinckx and M.2.Islam. european wind energy conference 22-26 oct.1984,Hamburg, F.R.G.

12-An overview of wind trubine siting research prospective to micro-siting.L.L.wendell. pacific Northwes laboratory. delphi workshop on wind Energy applications, delphi Greece may 20-22, 1986

13-Mod II wind turbine field operations experience.by L.L.Gordon.delphi workshop on wind energy applications. delphi-Greece,may20-22,1986.

14-Wind energy systems : Export market potential . A special export market study. commissioned by U.S. congress, washington-January 1984 .

المراجـــــــع

- الميتورولوجية ، أي ظواهر الجـــو في الدنيا ومصر خاصـــــة . المهندس محمود حامد محمـــــد القاهرة – مصر . 1944

- المراقبة الجوية – صلاح الدين جنيد – المديرية العامة للارصـــاد الجوية – دمشق – سورية .

- المجلة العربية للعلوم – العـــدد الثالث – ربيع الاول 1404 هـ – ديسمبر 1984

- المجلة العربية للعلوم – العـــدد الثامن – رمضان 1406 هـ – مايـو 1986

- الطاقة والتنمية – العدد السابـــع والعشرون – شباط ، فبرايـــر 1987

- طاقة الرياح ، آلات الرياح – تصميمهـا واستخدامها – رسالة بكالوريوس ، كلية الهندسة م.ك – جامعة تشرين – اللاذقية – باشراف الدكتور منيـــف حسون ٩٨٥ / ١٩٨٦ م .

- مناطق لاقامة آلات تحويل طاقـــة الرياح في سوريا – الدكتور المهنـــدس منيف حسون .

- ندوة الطاقات المتجـــــددة – جامعة حلب بالاشتراك مـــــع اتحاد الجامعـــــات العربية ٩/٢٩ – ١٩٨٦/١٠/٦ .

ملاحظة :

عرض البحث في الحلقة الدراسية " آفاق استثمار طاقة الرياح في الوطن العربي" التي اقيمت في الجزائر بدعوة من اتحادمجالس البحث العلمي العربية والمحافظـــة السامية للبحث في الجزائرعام ١٩٨٨ .