

اللجنة الاقتصادية والاجتماعية لغربي آسيا (الإسكوا)

برنامج الإسكوا

حول

"بناء القدرات في مجال التخفيف من تغير المناخ للحد من الفقر في غربي آسيا"

ورشة عمل حول:

"توسيع نطاق استخدام الطاقات المتجددة للبلدان الأعضاء في الإسكوا"

1 - 2 فبراير 2012، مقر الإسكوا،

بيروت، لبنان

- نسخة أولية(*)-

رياح التغيير في أنظمة الطاقة العالمية والعربية

الكهرباء من الرياح

إعداد: م. ماجد كرم الدين محمود

كبير الخبراء الفنيين بالمركز الاقليمي لكفاءة الطاقة والطاقة المتجددة

ملاحظة: طبعت هذه الوثيقة بالشكل الذي قدمت به ودون تحرير رسمي.

رياح التغيير في أنظمة الطاقة العالمية والعربية الكهرباء من الرياح



م. ماجد كرم الدين محمود
كبير الخبراء الفنيين بالمركز الإقليمي للطاقة
المتجددة وكفاءة الطاقة

2011

رياح التغيير فى أنظمة الطاقة العالمية والعربية: الكهرباء من الرياح

م. ماجد كرم الدين محمود

مجموعة مقالات نشرت مسلسلة فى مجلة الميكانيكا العربية فى عامى 2010 و 2011، ثم نشرت مجمعة من خلال المركز الإقليمي للطاقة المتجددة "RCREEE" فى عام 2012.

فيما عدا أي تعامل طبيعي لأغراض البحث أو الدراسات الخاصة أو النقض أو المراجعة فإن هذه الوثيقة يمكن فقط أن يعاد إنتاجها أو تخزينها أو نقلها بأي شكل وبأي وسيلة بتصريح كتابي مسبق من المركز الإقليمي للطاقة المتجددة وكفاءة الطاقة وترسل الاستفسارات بشأن إعادة إصدارها خارج هذه الاشتراطات إلى الكاتب عبر بريده الإلكتروني maged.mahmoud@rcreee.org أو maged_mahmoud@hotmail.com إلى المركز الإقليمي للطاقة المتجددة وكفاءة الطاقة على العنوان التالي:

RCREEE - Regional Centre for Renewable Energy and Energy Efficiency

Building of Hydro Power Plants Execution Authority,

7th fl., Block 11 - Piece 15, Melsa District, Ard El Golf, Cairo, Egypt

Tel.: +20 (2) 2415 46 91

Fax: +20 (2) 2415 46 61

E-mail: info@rcreee.org

Website: www.rcreee.org

جميع الحقوق محفوظة للمركز الإقليمي للطاقة المتجددة وكفاءة الطاقة "RCREEE"

* تأسس المركز الإقليمي للطاقة المتجددة وكفاءة الطاقة (RCREEE) فى شهر يونيو من عام 2008 ومقره القاهرة كممنظمة إقليمية تضم ثلاثة عشر دولة أعضاء هي الأردن والبحرين وتونس والجزائر والسودان وسوريا والعراق وفلسطين ولبنان وليبيا ومصر والمغرب واليمن، ويتم تمويله من قبل شركاء التنمية وهم مصر الدولة المضيفة وحكومتى ألمانيا والدانمرك والاتحاد الأوروبي.

مقدمة

حقيقةً ... إن العالم يتغير بسرعة! وأن أنظمة الطاقة ليست ببعيدة عن رياح هذا التغير.. وأن علينا أن نستفيد ونستغل هذه «الرياح» في منطقتنا العربية قدر المستطاع.. وحين شرعت في كتابة هذا الموضوع - والذي نشر معظمه في سلسلة من المقالات بمجلة الميكانيكا العربية على مدى عامي 2010 و 2011- إخترت له عنواناً "الكهرباء من طاقة الرياح - رياح التغير في أنظمة الطاقة العالمية" وحاولت قدر استطاعتي أن أقدم للزملاء الأعزاء خلاصة لبعض خبراتي وأجائتي في مجال طاقة الرياح معروضة بلغة عربية ميسرة ومدعومة بحقائق ومعلومات نظرية وعملية كثيرة حول طاقة الرياح وأهميتها.. وقد كان وازعى الأول هو تقليل ما لمسته في حياتي المهنية من نقص شديد في المادة العلمية العربية في هذا المجال!!

وسنتناول عدداً من الحقائق توضح أهمية وفوائد استغلال طاقة الرياح عالمياً وإقليمياً.. ومدى وجوب إعطائها الأولوية حين تتوافر العوامل والمواقع المناسبة نظراً لأبعادها الإقتصادية والبيئية الإيجابية! وسنناقش كذلك كيفية تحويل طاقة الرياح المتغيرة إلى طاقة كهربائية ثابتة ومستقرة.. وكذا البدائل التصميمية الشائعة لتربينات الرياح ومكوناتها الرئيسية ووظائف تلك المكونات.

ثم سنعبّر إلى المجال الأوسع.. وهو الحديث عن مشروعات «محطات الرياح» لإنتاج الكهرباء أو ما نسميه بـ«مزارع الرياح» وعن أهم مكوناتها.. و تطور قدرات التربينات عبر العقود الثلاثة الأخيرة.. مع منح شئ من التفصيل عن أهم الاعتبارات الواجب الانتباه إليها عند اختيار التربينات ومواقعها للبدء في إنشاء مزارع الرياح، كما سنتناول بالشرح طريقة توزيع وتوصيل التربينات وشبكة الاتصالات بينها في مزارع الرياح وكذا مهام أنظمة التحكم والمراقبة. فضلاً عن التعرض لعدد من الجوانب الأخرى المكملة التي أرى أن لها أهمية قصوى في معرض الحديث عن مزارع الرياح!

وكلّى رجاء أن تكون هذه المقالات ذات نفع وفائدة للمهتمين بطاقة الرياح في عالمنا العربي.. وأن تدفعهم وتعينهم في أن يصقلوا وينقلوا بدورهم خبراتهم العلمية والعملية للآخرين -كل في مجاله- إسهاماً منا جميعاً في بناء نهضة حقيقية متواصلة لأمتنا العربية.. فُرب مُبْلَغ منقول إليه العلم أوعى من سامع!

من أين نبدأ؟!

لعله قد أصبح من بديهيات الحديث حالياً القول بأن نشر طرق استغلال واستخدام الطاقات المتجددة يعد أحد أكثر الحلول جاذبية لكثير من الدول العربية لمواجهة مشكلة تغير المناخ وتوابعها.. أو حتى للاستفادة منها في جذب المزيد من الاستثمارات المحلية والأجنبية وكذا تنمية الصناعات المحلية وتحقيق أمن استراتيجي مستدام في مجال الطاقة.

ويبرز في هذا السياق تساؤل هام!! وهو من أين نبدأ؟! وبأى نوع من أنواع الطاقات المتجددة؟!

الإجابة ببساطة.. إذا ما توافرت مصادر الطاقة المائية فهي الأجدر بالتوسع.

ولكن ما هو الموقف إذا شحت تلك المصادر كما هو الحال في العديد من الدول العربية؟! أو إذا استنفذت القدرات المائية المتاحة في مشروعات عدة كما هو الحال في بعض الدول ومنها مثلاً مصر؟ وعادة ما نجد الإجابة جاهزة.. الطاقة الشمسية بالقطع!! فمنطقتنا العربية تقع في الحزام الشمسي والشمس متوفرة طوال العام والصحارى شاسعة ومتاحة.. وهى وجهة نظر جديدة بالاهتمام -قطعاً.. ولكن واقع التطور العالمى الحديث في مختلف تكنولوجيات الطاقة المتجددة يقدم طرحاً آخر!!

لماذا طاقة الرياح؟!

تكنولوجيا الطاقة المتجددة	قدرات إنتاج الكهرباء في نهاية 2010 (ألف ميغاوات)
محطات الرياح	198
محطات الكتلة الحيوية	62
المحطات الشمسية الفوتوفلطية	40
المحطات الجيوحرارية	11
محطات المراكز الشمسية الحرارية	1.1
طاقة الأمواج والمحيطات	0.3
محطات الطاقة المائية	1010

جدول رقم (1) قدرات إنتاج الكهرباء من المصادر المتجددة نهاية 2010

طبقاً لتقرير الوضع العالمى للطاقة المتجددة الصادر فى «يوليو» 2011 عن شبكة سياسات الطاقة المتجددة للقرن 21 - REN21 - وكما يوضح جدول رقم (1) - فإن أُنح الطاقات المتجددة عقب طاقة المساقط المائية هى طاقة الرياح!! ويعزى ذلك إلى كونها حالياً الأكثر نضجاً من الناحيتين الفنية والإقتصادية.

أما من الناحية البيئية.. فإن أحد تقارير «الوكالة الدولية للطاقة» تحت عنوان «رؤى تكنولوجيات الطاقة» الصادر فى 2010 يقدم مقارنة للتأثيرات

البيئية المرتبطة بتكنولوجيات محطات إنتاج الكهرباء بالطرق المختلفة بروئيتين مختلفتين.. الأولى.. بتحليل «دورة الحياة» والتى تشمل تأثيرات جميع الأنشطة السابقة واللاحقة لتشغيل تلك المحطات!! ومنها مثلاً عمليات تصنيع المكونات وعمليات التخلص من المخلفات وغيرها.

والثانية.. بتحليل التأثيرات البيئية المرتبطة فقط بعملية إنتاج الكهرباء فى حد ذاتها. وكما يوضح الجدول رقم (2).. فإن محطات طاقة الرياح هى الأقل فى مستوى انبعاثات غاز «ثاني أكسيد الكربون» -المسبب الرئيسى لظاهرة «الاحتباس الحرارى»- بعد المحطات النووية!! ثم المحطات الشمسية سواء الحرارية أو «الفوتوفلطية» ثم محطات الدورة المركبة العاملة بالغاز الطبيعى. ولكن لا يفوتنا أن نذكر هنا أثر محطات الرياح السلبى على مساحات الأراضى!! حيث أن طبيعة استغلال طاقة الرياح تستلزم شغل مساحات واسعة من الأراضى تبلغ حوالى كيلومتر مربع واحد لكل من 5 إلى 9 ميغاوات مُنتجة!! بينما يكون هذا الأثر محدوداً فى حالة محطات الطاقة الشمسية.. والتى تستلزم شغل مساحات من الأراضى تبلغ حوالى كيلومتر مربع واحد لكل من 40 إلى 50 ميغاوات مُنتجة!! ووفقاً لذلك.. فإنه

¹ Source: REN21, Global status Report 2011, Energy Policy Network for the 21st Century

من حسن الطالع أن عالمنا العربي يزخر بالمساحات الشاسعة من الأراضي الصحراوية غير المأهولة وغير المستغلة.. وبالتالي يجوز لنا أن نرى أثراً إيجابياً في إستغلال تلك المساحات الشاسعة في مشروعات الطاقة المتجددة.. وخاصة طاقة الرياح.

جدول رقم (2) تحليل التأثيرات البيئية المرتبطة بعملية إنتاج الكهرباء²

تأثيرات إنتاج الكهرباء			تأثيرات دورة الحياة (قبل وبعد الإنتاج)			انبعاثات ثاني أكسيد الكربون (طن/ميجاوات ساعة)	التكنولوجيا
الأراضي	المياه	الهواء	الأراضي	المياه	الهواء		
التكنولوجيا المرجعية للمقارنة النسبية التالية						0,777	الدورة البخارية فوق الحرجة العاملة بالفحم Ultra-super critical plant
إيجابي	إيجابي	إيجابي	إيجابي	إيجابي	إيجابي	0,403	محطات الدورة المركبة بالغاز الطبيعي
إيجابي	سلبي	إيجابي	متغير /غير مؤكد	متغير /غير مؤكد	إيجابي	0,005	المحطات النووية
محدود	سلبي	إيجابي	إيجابي	إيجابي	إيجابي	0,017	محطات المركبات الشمسية الحرارية
محدود	إيجابي	إيجابي	إيجابي	إيجابي	إيجابي	0,009	محطات الخلايا الشمسية الفوتوفلطية
متغير /غير مؤكد	إيجابي	إيجابي	إيجابي	إيجابي	إيجابي	0,002	محطات الرياح

العوامل الأساسية المؤثرة على طاقة الرياح !



تتناسب الطاقة الكامنة في الرياح مع ثلاثة عوامل أساسية..
أول هذه العوامل هو سرعة الرياح.. وفي الواقع لا تتناسب الطاقة الكامنة في الرياح طردياً مع سرعة الرياح فقط.. بل تتناسب طردياً مع مكعب سرعة هذه الرياح!! وخسبة بسيطة يمكننا بسهولة استنتاج أنه إذا ما كانت سرعة الرياح في موقع ما ضعف سرعتها في موقع آخر.. فإن الطاقة الكامنة المحتواة في رياح الموقع الأول ستزيد ثمانية أضعاف عن تلك الكامنة في رياح الموقع الثاني الأبطأ.. ومن هنا يتبين لنا أهمية السعى للتعرف على المواقع الأعلى في سرعات الرياح ورسم خرائط لها.

ثاني هذه العوامل هي كثافة الهواء.. وهي علاقة طردية.. ويعني هذا ببساطة أنه كلما كان الموقع أبرد في درجات الحرارة كلما زادت كثافة الهواء به وكلما زادت الطاقة المحتواة في الرياح المارة به.. والعكس صحيح.

ثالث هذه العوامل هي المساحة الدائرية التي سيمر خلالها الهواء عبر التربينات.. أي مساحة دوران ريش تربينة الرياح نفسها.. وهذه المساحة الدائرية تتناسب بالطبع مع مربع طول ريشة التربينات -التي تمثل نصف قطر المساحة الدائرية-.. وهذا يفسر لنا سبب السعى الدائم نحو تكبير أحجام التربينات ونحو السعى إلى زيادة أطوال ريش التربينات وبالتالي زيادة أقطار دوران ريش التربينات.

ما هو معامل السعة؟!

عادة ما يبحث المتخصصون في مجال طاقة الرياح عن مؤشر هام لكل موقع يسمى بـ «معامل السعة» أو الـ **Capacity Factor** وللتبسيط يمكننا فهم مؤشر «معامل السعة» كنسبة الطاقة الكهربائية الفعلية المنتجة من

² Source: IEA, 2010

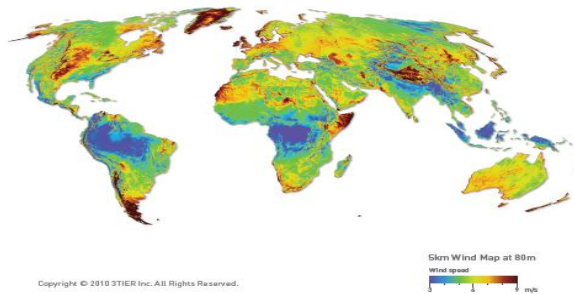
محطة رياح ما .. مقارنة بما كانت سوف تنتجه وهي تعمل بكامل طاقتها طوال العام. حيث أن سرعات وإجهاات الرياح من المتغيرات دائماً لأى موقع!

ماذا نقول أهم الدراسات والأبحاث فى جدوى استغلال طاقة الرياح؟!

لقد قام الباحثون بجامعة «ستانفورد» الأمريكية بإجراء تقييم لسرعات الرياح على مستوى العالم وعلى ارتفاع 80 متراً من سطح الأرض.. واتضح أن نحو 13٪ من مسطحات العالم تمر عليها سرعات رياح أعلى من 6,9 م/ث!! وهو الحد الذى يُعتبر عادة أقل حد مناسب لتوليد الكهرباء من الرياح على نحو اقتصادى! واتضح أيضاً أنه باستغلال 20٪ فقط من هذه الطاقة سيتم سد أكثر من سبعة أضعاف احتياجات العالم الكهربائية!! كما أشارت إحدى الدراسات

5km Global Wind

3TIER



الهامة التى أجريت فى «ألمانيا» عام 2003 أن الإمكانات الفنية والتكنولوجية الحالية لإنتاج الكهرباء من طاقة الرياح عالمياً برأ وجراً تستطيع نظرياً توليد نحو 278 ألف تيرّوات ساعة سنوياً.. وذلك بعد استبعاد الأراضي الحضرية والغابات والمحميات والمناطق الثلجية والكثبان الرملية وغيرها من الأراضي غير الصالحة.. وبافتراض الاستفادة فعلياً من 10 إلى 15٪ فقط من هذه الطاقة فسيتمكن توليد نحو 39 ألف تيرّوات ساعة سنوياً! وهو ما يزيد على ضعف احتياجات العالم حالياً من الطاقة الكهربائية!!

وقد أطلقت شركة 3TIER الأمريكية العاملة فى مجال تقنيات طاقة الرياح برنامج طموح لرسم خريطة توزيع كثافة طاقة الرياح عالمياً **World the Mapping**.. وهى التى تظهر فى الشكل السفلى -. وذلك بدعم من برنامج «الأمم المتحدة» للبيئة الذى غطى 13 دولة نامية.

طاقة الرياح فى عالمنا العربى

فى عالمنا العربى تعد طاقة الرياح الفاعلة متركزة بشكل أو بآخر فى مناطق بعينها.. وليست متوفرة فى كل مكان. وبالرغم من هذا فإن شبكات الكهرباء القائمة وتوسعاتها المخططة قد تتيح نقل هذه الطاقة من مواقع توليدها إلى أماكن احتياجها. والمثير فى هذا أن الكثير من تلك المواقع تتميز برياح ذات خصائص رائعة من حيث إمكانية استغلالها لإنتاج الكهرباء.

فدول مثل «مصر» و«المغرب» و«عمان» لديها مواقع بها متوسط سرعات رياح سنوى يتراوح ما بين 9 و 11 متراً فى الثانية.. و «بمعاملات ساعة» تتجاوز حاجز الـ 30٪ سنوياً وذلك مقارنة بمتوسط عالمى يتراوح ما بين 20 و 25٪!! وكذلك توجد العديد من المواقع بها متوسط سرعات رياح سنوى يتراوح ما بين 7 و 8 متراً فى الثانية.. وهى تصلح أيضاً لإنتاج الكهرباء. ويوضح الجدول رقم (3) المتوسط السنوى لـ «معاملات الساعة» بالدول العربية قمت بتقديرها إستناداً على دراسة منشورة من برنامج «الأمم المتحدة» الإنمائى حول وضع الطاقة المتجددة فى منطقة «الشرق الأوسط» وشمال «إفريقيا»³.

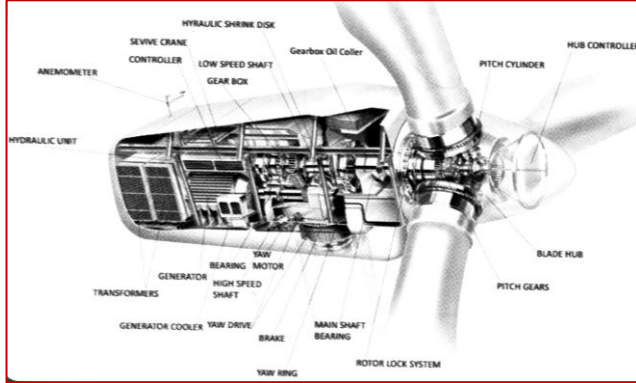
الدولة	معامل السعة (%)
الجزائر	20
البحرين	16
مصر	34
العراق	20
الأردن	17
الكويت	18
لبنان	13
ليبيا	22
المغرب	31
عمان	28
قطر	16
السعودية	20
سوريا	20
تونس	20
الإمارات	13
اليمن	17

جدول (3) متوسطات معامل السعة بالدول العربية

³ Source: Al-Karaghoul A. "Current Status of Renewable Energies in the Middle East – North African Region", UNEP/ROWA, June 2007. Capacity factor refers to the percentage of average annual full load hours to total annual number of hours (8760 h/y).

تطور تقنيات استغلال طاقة الرياح !

من المعروف أن تربينات الرياح الحديثة - تُستَخدم لتحويل طاقة الرياح الحركية إلى طاقة كهربية.. ويتم ذلك من خلال تَسبُّب تدفق الهواء في تدوير مجموعة من الريش **Blades** ذات تصميم «إيروديناميكي» إنسيابي يشبه كل منها إلى حد كبير جناح الطائرة.. وهذه الريش مرتبطة معاً في «صُرة» **Hub** فيما يشبه المروحة.. والتي تدير بدورها عامود محوري



يغذى مولد كهربى **Generator** بالطاقة الحركية اللازمة لتوليد الكهرباء.. ويتم ذلك عبر وسائل نقل حركة مناسبة متضمنة أعمدة إدارة وصندوق تروس **Gear box** فى معظم الأحوال.. وتكون هذه المكونات داخل حاوية **Nacelle** مثبتة أعلى برج اسطوانى معدنى مثبت على قاعدة خرسانية. كما تضم الحاوية أيضاً وسائل للحماية والفرامل **Brakes** وبعض معدات التحكم الأخرى وكذلك محول التيار الكهربى **Transformer** اللازم لنقل التيار المتولد وربطه بشبكة الكهرباء المحلية. كما أنها تحول

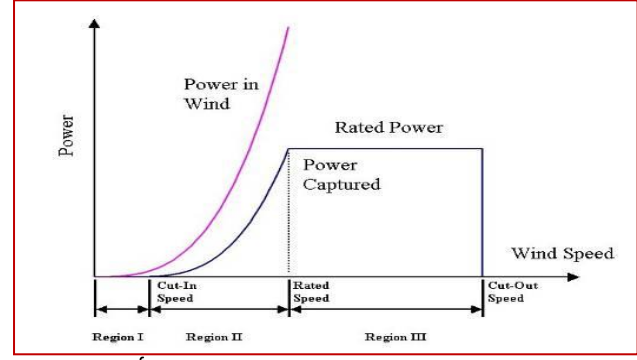
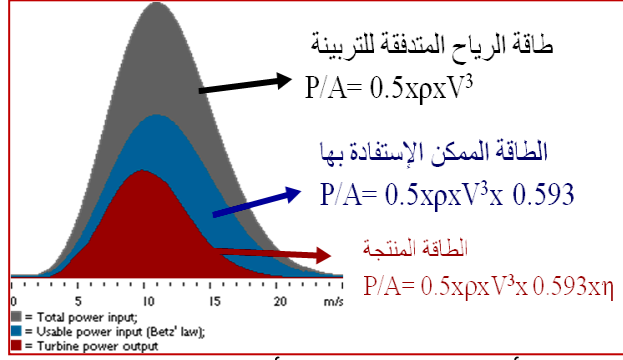
الأحمال الهيكلية **structural loads** التى تقع عليها من الرياح أو نتيجة الحركات الميكانيكية والعزوم التى تحدث فى قلبها إلى البرج الذى تتصل به من أسفلها.. ويقع بينهما نظام لتوجيه الحاوية والريش **Yawing System** إلى اتجاه الرياح لضمان الاستفادة بأقصى قدر ممكن من طاقتها. وقد يُثبت فى أسفل برج التربينه نظام التحكم والتشغيل والمراقبة لأداء التربينه. ويمكن أن تختلف ارتفاعات الأبراج لنفس طُرُز التربينه مما يؤدي إلى الحصول على طاقة أكبر.. حيث تزداد سرعة الرياح كلما زاد ارتفاع برج التربينه! ومن أحد أكبر تربينات الرياح التجارية فى العالم حالياً تربينة **Enercon E-126..** وهى تربينة ألمانية تولد 6 ميجاوات من الطاقة وتعتمد شركة **Enercon** رفعها إلى 7.5 ميجاوات.. ويبلغ ارتفاع مركز دوران الـ **Hub** الخاصة بها 135 متراً.. ويبلغ قطر دوران ريشها 126 متراً.. وأقصى ارتفاع لها متضمناً قمة الريش 198 متراً.



تربينة Enercon E-126 أكبر تربينة رياح فى العالم

إن جميع تربينات الرياح الحديثة التى تم وصفها والحديث عنها تسمى تربينات الرياح «أفقية المحور» ويرمز إليها بـ **HAWTs** وهى اختصاراً لـ **Horizontal Axis Wind Turbines**. حيث أن محور دوران الصُرة **Hub** التى تحمل الريش هو المحور الأفقى الموازى لسطح الأرض. وهى التربينات الأكثر شيوعاً ونضجاً تصميمياً مقارنة بنوع آخر كان

مجالاً للبحث والتطوير على نطاق واسع فى حقبة الثمانينات من القرن الماضى.. وهو تربينات الرياح «رأسية المحور» **VAWTs** وهى اختصاراً لـ **Vertical Axis Wind Turbines** .. حيث يكون محور دورانها عمودياً على مستوى سطح الأرض! ولم تُثبت التربينات رأسية المحور القدرة على المنافسة تجارياً فى المشروعات الكبرى وإن كانت لها تواجد فى المشروعات والتطبيقات الصغيرة ويرجع تَمَيُّز التربينات أفقية المحور إلى كونها ذات معاملات تحويل طاقة أعلى.. كما أنها أكثر استقراراً من ناحية تحمل التعرض للأحمال والإجهادات.. ويمكن تطوير تربينات ذات قدرات كبيرة نسبياً منها. جدير بالذكر أنه من الناحية النظرية فإنه لا يمكن لأى تربينة رياح الاستفادة بأكثر من حوالى 59% من الطاقة المتاحة بالرياح!! ونقل الطاقة المنتجة بالقطع عن ذلك إذا ما وضعنا فى الاعتبار كفاءة تحويل الطاقة عبر المكونات المختلفة للتربينات مثل الريش وصندوق التروس والمولد والمحور الكهربيين وغيرها. وتبدأ التربينات عادة فى إنتاج الكهرباء عندما تصل سرعة الرياح إلى حوالى 4 متر فى الثانية.. وتسمى هذه السرعة آنذاك بـ «سرعة الدخول» **Cut-in Speed** ومن ثم تزيد الطاقة المؤكدة مع زيادة سرعة الرياح حتى تتراوح سرعات الرياح ما بين 10 إلى 14 متراً فى الثانية للإنتاج التصميمى الإسمى لها **Rated Power** - مثلاً تربينة 660 كيلووات- ثم يظل الإنتاج فى حدود هذه القدرة مع زيادة



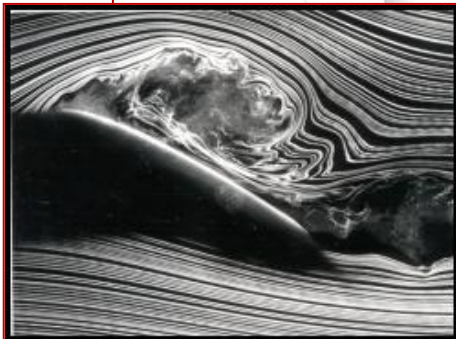
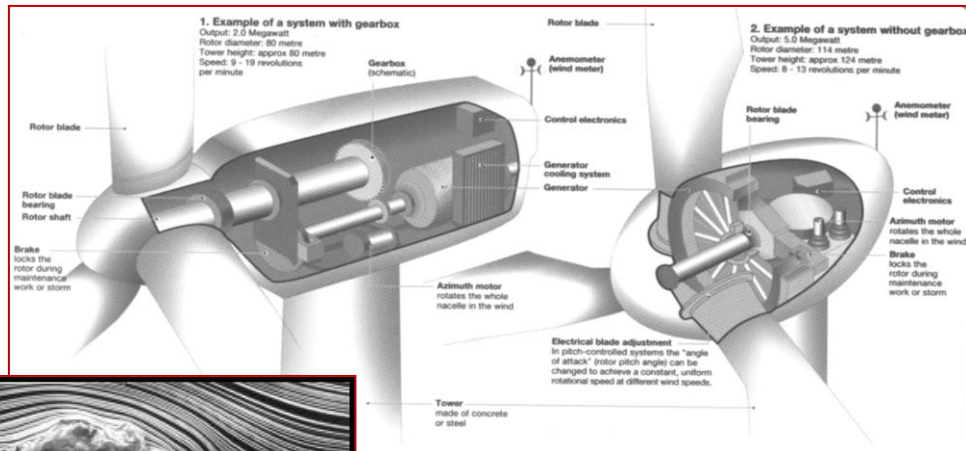
السرعة؟؟؟؟ حتى تصل سرعة الرياح إلى أقصى حد من الممكن أن تحمله مكونات وأجزاء التربينه من حيث الإجهادات الميكانيكية.. وهو حد الـ 25 متراً في الثانية وتسمى هذه السرعة **Cut-out Speed**.. وعندها يجب استخدام الفرامل وإيقاف التربينه عن العمل فوراً!!!

أنواع وتصميمات تربينات الرياح أفقية المحور

تُصنّف تصميمات تربينات الرياح ضمن ثلاث فئات رئيسية..

الفئة الأولى.. التربينات الكلاسيكية ذات صندوق التروس متعدد المراحل التقليدي -وتظهر في يسار الشكل -.. وتسمى أيضاً بذات «المفهوم الدانمركي» **Danish Concept** . ويقوم فيها عادة صندوق تروس ذو ثلاث مراحل بنقل الحركة من عامود السرعة الرئيسى البطيئ -المتصل بالريش- إلى عامود إدارة المولد (الأعلى سرعة) ومن ثم تبدأ عملية توليد الكهرباء.

الفئة الثانية.. من التصميمات هي التربينات بدون صندوق للتروس **Gearless Turbines** -وتظهر في يمين الشكل -.. وفيها يتصل عامود السرعة الرئيسى البطيئ -المتصل بالريش- مباشرة بقلب مولد ذو حجم كبير متعدد الأقطاب يستطيع توليد الكهرباء عند سرعات الدوران بطيئة.. وهى من نفس نوع التربينه الألمانية **Enercon E-126** أكبر تربينة رياح فى العالم الآن.. أما الفئة الثالثة.. فهى هجين بين التصميمين السابقين بحيث تسمح بمولد أصغر وكذلك صندوق تروس أصغر يتكون عادة من مرحلة واحدة.

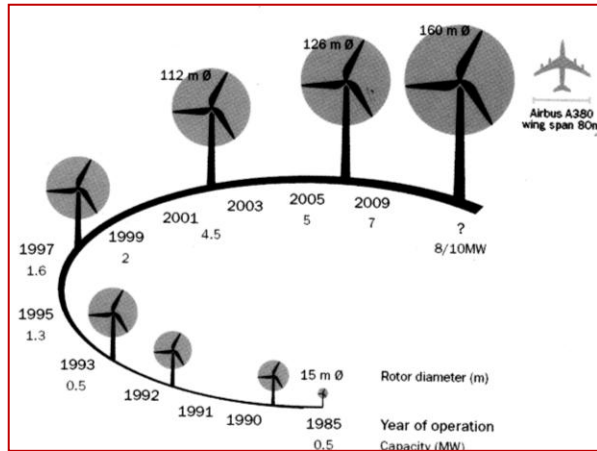


إن التربينات الكلاسيكية ذات التصميم الدانمركي -الفئة الأولى- لا يمكن فيها تغيير زاوية حركة ريش التربينه مع تغير سرعات واتجاهات الرياح! وهى تعتمد فقط على التصميم الـ «إيروديناميكى» للريشة الذى يؤدى إلى انفصال الهواء عن سطح الريش عند السرعات العالية غير المرغوب فيها للرياح.. ولذلك تسمى بالـ **Stall Controlled Turbines**.

ولكن معظم التربينات الحديثة الآن تعتمد على وجود أنظمة تحكم ميكانيكية وكهربية في الـ **Hub** تتيح تحريك زوايا أرياش التريينة بما يسمح بتغيير زاوية استقبال الريشة للهواء المندفع إليها لتعظيم الاستفادة من الطاقة في حالة السرعات المنخفضة للرياح .. وتخفيضها عند سرعات الرياح القصوى التي لا تتحملها التريينة.. ولذلك تسمى بالـ **Pitch Controlled Turbines**. فضلاً عن ذلك فإن التربينات الحديثة ذات تصميمات مولدات متنوعة سواء الحثية أو التزامنية منها.. الأمر الذي أتاح دوراً أكبر للإلكترونيات **Power electronic** والارتقاء بجودة وكفاءة الطاقة الكهربائية المُنتَجة والثبات النسبي لخصائصها بالرغم من التغيرات الطبيعية في سرعات واتجاهات الرياح.

وكما ذكرنا من قبل فإنه يوجد في أسفل برج كل تريينة عادة وحدة التحكم **Controller** في التريينة والتي هي عبارة عن كمبيوتر به أكثر من مُعالِج دقيق **Microprocessor**.. كل منها له مجموعة من الوظائف تتضمن برامج لمراقبة الأداء لتأمين الحماية الكاملة للتريينة أثناء التشغيل وبرامج لجمع ومعالجة العديد من القياسات من «فولت» وتيار وتردد وغيرها من حسابات الطاقة. كما أن هناك برامج لتشغيل دوائر الهيدروليك ومراقبة الضغوط وقياس درجات الحرارة في الأماكن الهامة بالتريينة مثل كراسى التحميل **Bearings** العملاقة في صندوق التروس والمولد وعمود السرعة البطيئة وملفات المولد وغيرها لحمايتها من التآكل والانزياح.. وكذلك هناك برامج لقياس سرعة واتجاه الرياح والتحكم في زوايا الريش عن طريق دوائر هيدروليكية لتنظيم عملية إنتاج الطاقة **Power regulation**. ويتم قياس أيضاً سرعة دوران عمود السرعة البطيئة والسريعة كما تتم مراقبة أداء التريينة عن طريق مجموعة من إشارات التغذية العكسية وبذلك تعمل كل تريينة كوحدة مستقلة. وكما يحوى نظام التحكم والتشغيل مجموعة متطورة من الكروت الذكية التي تؤمن فصل وتوصيل التريينة بشبكة الكهرباء المحلية لحماية الكابلات والمكونات الكهربائية مثل الكونتاكتورات والفيوزات بخلاف كروت الذاكرة اللازمة لتخزين البيانات والقراءات المتراكمة لكل المتغيرات الفنية.

ما هي مزارع الرياح.. وأى تربينات الرياح نختار ؟!



إن المكون الرئيسى لمحطات أو لمزارع الرياح هو التربينات.. ولابد لنا هنا من التأكيد أن صناعة تربينات الرياح قد رفعت على نحو متسارع من قدرات وأقطار التربينات على مدى السنوات الماضية مما رفع بدوره من اقتصاديات مشروعات استغلال طاقة الرياح كما يظهر في الشكل.

وغالبا ما حصل تلك التربينات الضخمة على شهادات تفيد بقدرتها على العمل عند الارتفاعات والظروف المختلفة بما يتوافق وظروف المواقع التي ستُركب بها. حيث تعد تربينات الرياح أفقية المحور حالياً هي أكبر الآلات الدوارة في العالم!! فالمسافة بين طرفى جناحى أكبر طائرة ركاب في العالم وهى الـ **Airbus A380** حوالى 80 متراً.. فى حين أن التريينة التى قدرتها

6 ميجاوات يبلغ قطر دوران ريشها 126 متراً.. ويرتفع برجها إلى نحو 138 متراً.. أى أن أقصى ارتفاع لطرف الريشة يصل إلى إرتفاع كلى يبلغ حوالى 200 متر من قاعدة البرج!!

مقارنة بين تريينة الرياح والسيارة !!

فى موقع جيد من حيث سرعات الرياح ستنتج تريينة مثل التى أشرنا إليها منذ قليل حوالى 12 مليون كيلووات ساعة من الطاقة الكهربائية سنوياً.. وهو ما يكفى لتوفير احتياجات أكثر من ألفى منزل بمستويات المعيشة الأوروبية من الطاقة! مع العلم بأن التربينات تصمم ليصل عمر تشغيلها إلى عشرين عاماً! أى أن زمن تشغيلها الفعلى سيربوا على مائة وعشرين ألف ساعة تقريباً!! وعند المقارنة بالسيارة مثلاً سنجدها تقطع فى عمرها التشغيلى الافتراضى حوالى 300 ألف كيلومتراً.. وبمتوسط سرعة يبلغ حوالى 60 كيلومتراً فى الساعة.. أى أنها ستعمل فى النهاية لمدة حوالى خمسة آلاف

ساعة فقط!! وبهذا يمكننا تصور مستوى الدقة والتكنولوجيا المطلوب لتصميم وتصنيع تربينات الرياح مقارنة بالسيارات مثلاً.

ولكن السوق العالمي يزخر حالياً بالعشرات من مصنعى تربينات الرياح.. ولذلك من الضروري الحذر والحيطه عند البدء فى اختيار التربينات لإنشاء مزارع الرياح.. حيث أن سوء التقدير فى هذا الشأن سيعترب عليه مخاطر جمة منها انخفاض إنتاجية وكفاءة التربينه أو حتى توقفها عن العمل! وبالتالي عدم إنتاجها الطاقة الكهربائية المتوقعة منها وإخفاض العائد الاقتصادى المرجو منها.. فضلاً عن الجهود والوقت والتكاليف المُتكبدين فى عمليات الصيانة والإصلاح غير المخطط لها وأيضاً الغرامات والجزاءات المترتبة على عدم الوفاء بالالتزامات التعاقدية وغير ذلك مما قد يسهل أو يصعب تصوره. ولذلك أرى ضرورة مراعاة بعض الاعتبارات الهامة عند البدء فى اختيار التربينات لبناء مزارع الرياح.. وهى اعتبارات استخلصتها من مشاركتى العملية فى العديد من المشروعات الكبرى.. ويمكن إيجاز أهمها فيما يلى :

الاعتبارات الهامة الواجب مراعاتها عند البدء فى اختيار تربينات الرياح !

1- سرعات الرياح. حيث تصنف التربينات لفئات Classes طبقاً لسرعات الرياح التى من المفترض أن تمر عليها. حيث يتم تحديد فئات الرياح - طبقاً لمواصفات اللجنة الدولية الكهروتقنية IEC 61400 طبقاً لثلاث عوامل أساسية هى متوسط سرعة الرياح بالموقع V_{ave} وسرعة أقصى عاصفة على مدى 50 عاماً V_{50} ونسبة الاضطراب "الاخفاف المعيارى" فى تغير سرعة الهواء منسوبة لسرعة قياسية 15 م/ث I_{15} ، وتقاس كل السرعات عند مستوى إرتفاع محور دوران الريش hub height . وتصنف التربينات طبقاً للسرعات فى خمس فئات يرمز لها بالأرقام اللاتينية من واحد I وحتى خمسة IV بينما ينسب مستوى الاضطراب لفئتين هما A و B. ومن البديهي الحاجة إلى أن تكون التربينه "أقوى" ميكانيكياً وكهربياً كلما زادت السرعات المتوسطة والقصى ولكن لابد أيضاً من ملاحظة أن مستوى الاضطراب يلعب دوراً هاماً فى تصميم التربينات حيث كلما زاد مستوى الاضطراب كلما كانت الأحمال والإجهادات التصميمية أكبر ولهذا لابد من تحديد مستوى الاضطراب بالموقع (طبقاً لتغيرات السرعة الحقيقية) وبالتالي تحديد نوع التربينه المناسب لها. ويوضح الجدول ملخصاً للسرعات المتوسطة والقصى ونسب الاضطراب المعمول بها . ونلاحظ أن التربينات المصممة لفئات سرعات متوسطة ومنخفضة (II وما دون ذلك) وفئات اضطراب B تكون متعرضة لأحمال أقل لذا يمكن تصميمها بأقطار وارتفاعات أكبر تمكنها من اقتناص أكبر قدر من الطاقة عند مستويات السرعات المتوسطة والمنخفضة.

WTG Class	I	II	III	IV
V_{ave} average wind speed at hub-height (m/s)	10.0	8.5	7.5	6.0
V_{50} extreme 50-year gust (m/s)	70	59.5	52.5	42.0
I_{15} characteristic turbulence Class A	18%			
I_{15} characteristic turbulence Class B	16%			

وتتميز بعض المواقع فى المنطقة العربية بتوافر سرعات رياح عالية يصل متوسطها السنوى فى بعض المناطق إلى ما يزيد عن 10 م/ث، الأمر الذى يستلزم أن تكون التربينات مصممة للعمل فى ظروف السرعات العالية وتحمل الإجهادات الناشئة عن ذلك، وهى بذلك تتعدى مواصفات تربينات الفئة الأولى IEC Classs I، قد يستلزم الأمر فضلاً عن كون التربينات حاصلة على شهادة من جهة دولية كتربينه من الفئة الأولى أن يتم الحصول على شهادة للعمل فى ظروف الموقع Site Specific Certification .

2- خصائص الموقع. هناك العديد من العوامل المؤثرة فى اختيار المواقع أهمها كما أوردنا سرعات الرياح ونسب الاضطراب فى سرعات الرياح بالموقع، وكذلك طبيعة طبوغرافيا وتضاريس الموقع والتى تؤثر فى توزيع التربينات وكلما كان الموقع ذو طبيعة منبسطة وبارد مناخاً كلما كان أنسب لمشروعات الرياح. وتعد طبيعة المناطق المحيطة بموقع المشروع ذات أثر بالغ فى إرتفاع أو انخفاض سرعات الرياح بالموقع إذ أن زيادة السرعة مع الإرتفاع (التوزيع الرأسى للرياح) تقل مع زيادة

خشونة السطح. ويعد أفضل الأسطح على الإطلاق الأسطح المائية حيث الخشونة منعدمة تقريباً. ثم المواقع المفتوحة التي ليست بها غابات أو جمعات سكنية قريبة!! ولا يخفى على أحد أن مناخ أهم المواقع المناسبة لإقامة مشروعات الرياح في الدول العربية تسود به درجات حرارة عالية مما يستلزم قدرة التربينات على العمل بكفاءة عند 45 درجة مئوية أو أعلى! وليس 40 درجة مئوية كحد أقصى كما هو معتاد في المواصفات العالمية!! لذا عادة ما تقوم الشركات الكبرى المصنعة لتربينات الرياح بإنتاج طراز معدل خصيصاً ليتناسب مع المناطق الصحراوية الحارة Hot Climate Version. حيث أن طبيعة المواقع الصحراوية تفرض على المصممين أن تكون التربينات المركبة بها معزولة ضد الرمال ومصممة لحماية مكوناتها الداخلية من الرمال والأتربة التي من المتوقع أن تحملها الرياح إلى أعلى وبكثافة في مثل هذه المواقع الصحراوية ذات البيئة القاسية.

ومن الإعتبارات الأخرى التي يجب الالتفات إليها تلك الخاصة بوقوع بعض مواقع الرياح في مسارات هجرات الطيور الموسمية والسنوية!! الأمر الذي يفرض على المصممين تحديد ارتفاع معين لا يجب أن تتجاوزه التربينات حتى لا تصطدم بها أسراب الطيور.. وأيضاً أخذ تدابير احترازية إضافية لضمان عدم جذب مثل تلك الطيور المهاجرة إلى مواقع الرياح منها مثلاً إزالة المسطحات الخضراء ذات الثمار أو الحبوب أو المسطحات المائية المحيطة بمزرعة الرياح.

3- سابقة خبرة التربينات.. حيث أنه من الأفضل الحرص على أن تكون التربينات المرغوب في تركيبها قد تم تشغيلها وتجربتها بنجاح على نطاق تجارى.. وذلك من خلال تقديم معلومات معتمدة من جهات رسمية تثبت أن نفس نوعية التربينات المقترحة للمشروع قد عملت بنجاح لعدد من السنوات تتراوح بين عام و 3 سنوات في مشروعات تجارية بإنتاجية لا تقل عن 95%.

4- البنية التحتية الأساسية اللازمة.. مثل توافر وانتشار شبكات توزيع الكهرباء في نطاقات معقولة. وأيضاً ملائمة الطرق المحيطة والمؤدية للمزرعة لعمليات نقل المكونات ذات الأقطار والأوزان الكبيرة للتربينات. وكذلك ضرورة توافر الأوناش الضخمة الخاصة والتقليدية لإجاء أعمال التركيبات والصيانة.. حيث يستلزم تركيب التربينات ذات القدرات العالية أوناش ضخمة وخاصة وخبرات تشغيل معينة لتلك الأوناش قد تكون غير متوفرة بالعديد من الدول العربية!! وأيضاً ما يرتبط بتلك الأوناش من عمليات نقل وتركيب وصيانة وأطقم عمل مدربة للعمل عليها.. مع العلم بأن مسؤولية إتاحة مسألة الأوناش بتفاصيلها تقع على الشركة التي تتولى إقامة وتشغيل المشروع.

مزارع الرياح.. نظرة متفحصة!!

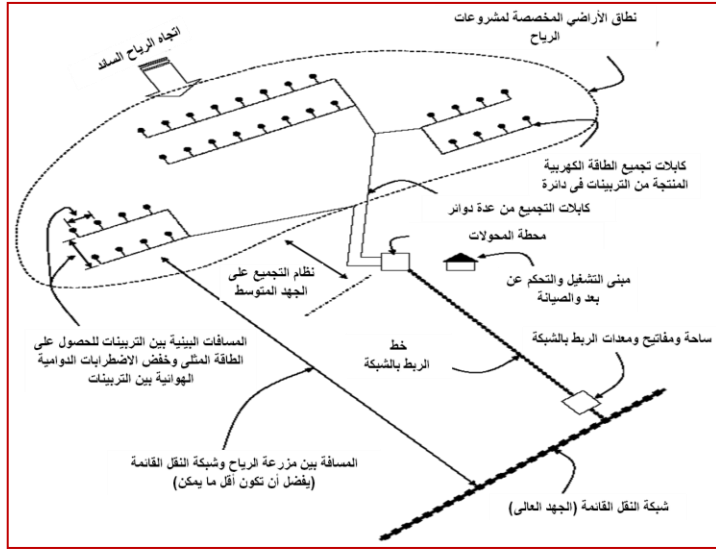
إن تعبير مزرعة الرياح أو محطة إنتاج الكهرباء من الرياح يُطلق عندما تتوافر مجموعة من تربينات الرياح في مكان واحد.. ويتم توصيل هذه التربينات سوياً لتولد الطاقة الكهربائية التي تنقل عبر خطوط النقل والتوزيع للمستهلكين. هذا ويتم تحديد مواقع التربينات على أرض المشروع بناءً على دراسات تتم باستخدام برامج كمبيوتر خاصة تعتمد في قرارها على خصائص الموقع الطبوغرافية والعوائق وطبيعة الأرض وسرعات واتجاهات الرياح ومدى تغيرها بحيث تكون المزرعة ككل قادرة على توليد أكبر قدر سنوي ممكن من الطاقة الكهربائية.

طريقة توزيع وربط التربينات في مزارع الرياح !

تُوضع التربينات متراصة في صفوف تواجه وتكون عمودية على إجهاد الرياح السائد معظم أوقات العام - على أن يفصل بين كل ترينة والتربينات التي تليها مسافة تبلغ ما بين ثلاثة إلى خمسة أمثال قطر التربينات! وكذلك يفصل بينها وبين نظيرتها في الصف التالي الموازي مسافة تبلغ عادة ما بين سبعة إلى عشرة أمثال القطر. ويرجع السبب في ترك تلك المساحات حول التربينات إلى إعطاء الفرصة للرياح لتعويض الاختفاض في سرعاتها نتيجة اصطدامها بالتربينات ولتقليل الاضطرابات الدوامية الناجمة عن ذلك أيضاً.

كل ترينة تُوصّل عن طريق المحول رافع الجهد الخاص بها -الذى إما أن يكون بجانب أو بداخل برجها- وذلك لربطها بالشبكة الكهربائية ومن الشائع في «مصر» مثلاً أن يكون جهد هذا المحول الرافع للجهد 690 فولت/22 كيلو فولت، ويتم ربط محولات

كل مجموعة من التربينات من جهة جهد الـ 22 كيلو فولت مع بعضها البعض.. ثم يتم تجميعهم على محول مُجمّع.. ومنه إلى خلايا الربط بمغذيات محطة المحولات. وعادة يجب أن يراعى ألا تزيد قدرة التربينات المجمعة عن 15 ميجاوات على المغذى الواحد.. وذلك لتتقيد بسعة خلايا الربط بمحطة المحولات وكذلك قطر كابلات تغذية الشبكة الكهربائية. ولا يوجد



Source: Wind Turbine Technology Overview, 2005, Available At www.Powernaturally.Org

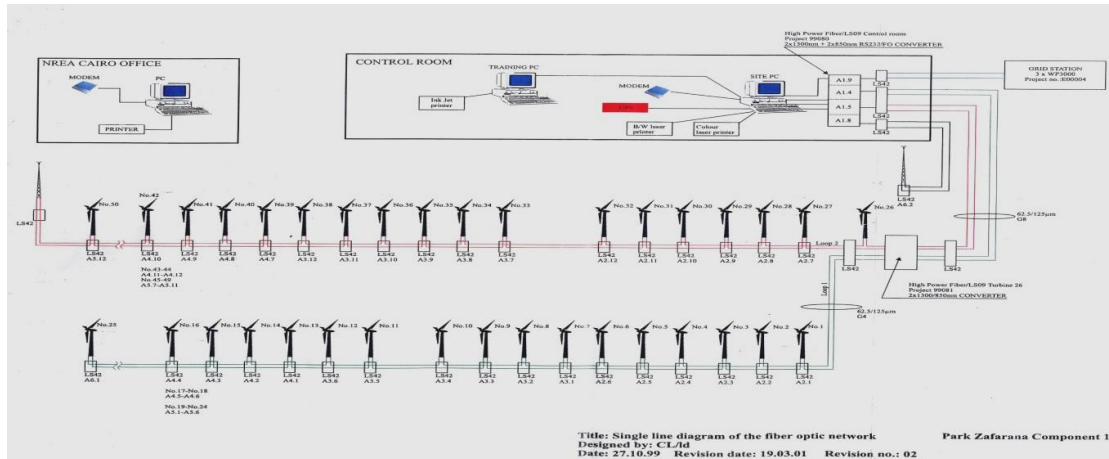
فارق جوهري في مواصفات المحول المُجمّع عن محول التربينات أو محول نهاية الخط إلا في عدد سكاكين الربط.. كما أن المحولات المُجمّعة يكون بها حمايات أخرى مثل الحماية من التيار الزائد .

Over Current

ويتم توصيل التربينات بنظام تحكم ومراقبة CMS مركزي يضم عدداً من أجهزة الحاسبات والمحتوية على برامج خاصة موضوعة في غرفة تحكم Control Room. وترتبط الحاسبات بوحدات تجميع بيانات سرعات واتجاهات الرياح من محطات الأرصاد بالموقع. كما ترتبط الحاسبات بوحدات التحكم في التربينات - السابق وصفها - والمحولات عن طريق كابلات ألياف ضوئية Fiber Optics أو كابلات نحاسية. وكل مجموعة من التربينات متصلة معاً يتم توصيلها بكابل بيانات

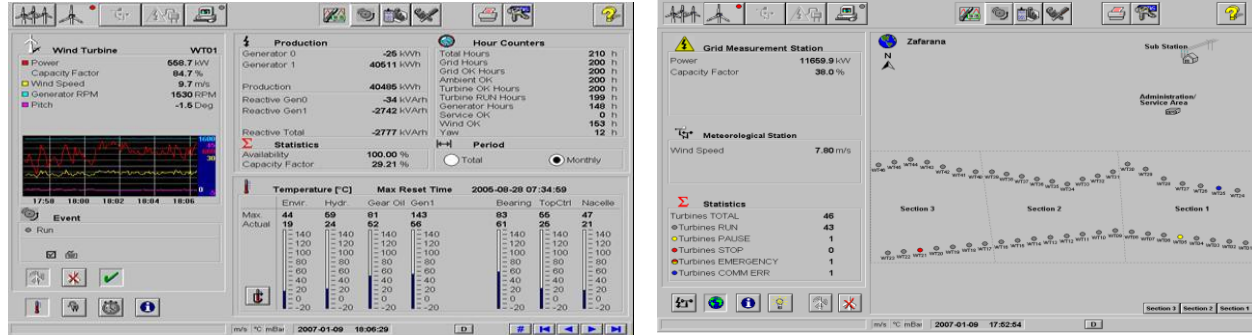
Data Cable واحد بحيث تكون متصلة معاً كدائرة بيانات واحدة. جدير ويتم من خلال النظام الحصول على بيانات الطاقة الكهربائية المرسله والمستهلكة . ويمكن إخراج مختلف أنواع التقارير مثل تقارير الإنتاج والأعطال سواء لتوربينه أو لمشروع حيث يتم جمع البيانات المتوسطة والعظمى والصغرى في خلال فترات معينة (غالباً كل عشر دقائق) و تخزينها بقاعدة بيانات لعمل التقارير اليومية والشهرية والسنوية وخلال فترة زمنية مختارة. واعتماداً على تلك التقارير يتم استخراج أهم المؤشرات الفنية للأداء.

وبوضح الشكل التالي شبكة الإتصالات والربط لأحد المشروعات بمدينة الزعفرانة المصرية



ويمكن عبر نظام التحكم والمراقبة المركزي اختيار تربينه وفصلها أو تشغيلها عن بعد وإظهار مختلف البيانات عنها مثل فولت وتيار وتردد ومعامل القدرة والقدرة المولدة ويتم استعراض البيانات التراكمية للتشغيل والتي تم تخزينها في وحدة التحكم الخاصة بها مثل الطاقة المولدة والمستهلكة ذاتياً عند بدء تشغيل التربينه وعدد ساعات التشغيل وكذلك درجات الحرارة وغيرها من المتغيرات.

كما يمكن عادة من خلال نظام CMS إظهار المخطط العام لمزرعة الرياح ككل أو لصفوف محددة وحالة التربينات سواء كانت تعمل أو متوقفة نتيجة خطأ أو متوقفة صيانات أو طوارئ أو هناك فقد في التوصيل مع غرفة التحكم ويكون غالباً تغير لون التربينات على الشاشة موضحاً لحالتها كما يمكن إظهار حالة المحولات من حيث الفصل أو التوصيل ومعرفة مكان العطل في الشبكة الكهربائية، واختيار توربينات أو مجموعة توربينات متصلة بمغذى معين وفصلها أو تشغيلها عن بعد.



مثال لبيانات إنتاج لحظية ودرجات حرارة الأجزاء الهامة و بيانات حالة شهرية بنظام التحكم والمراقبة

صيانة مزارع الرياح !!

يُتَوَقَّع من مشروعات مزارع الرياح عمر تشغيلي في حدود 20 عاماً! ولن يتحقق ذلك إلا بالقيام بأعمال التشغيل والصيانة على الوجه الأكمل.. وطبقاً لمرجعيات رئيسية هي تعليمات وإرشادات الجهات المصنعة لمكونات المزرعة. وذلك إلى جانب الخبرات الهندسية التشغيلية في ضوء ظروف الموقع الخاصة أو المتغيرة إن وُجدت! وعادةً ما تُصنّف أنواع الصيانات المختلفة إلى ثلاث فئات رئيسية يمكن إيجازها فيما يلي :

الصيانة الوقائية Preventive Maintenance : وهي بناءً على برامج مخططة Time based طبقاً لتعليمات الشركات المصنعة محدد فيها أنواع وتوقيتات أعمال الصيانة المختلفة (ربع سنوية - نصف سنوية - سنوية - كل خمس سنوات). مع مراعاة إجراءاتها في فترات انخفاض سرعات الرياح والتنسيق مع شركة نقل الكهرباء، وتتضمن صيانات الأكشاك والمحولات (نظافة - اختبارات أجهزة قياس ووقاية - وحدات التكييف-...) وصيانات لوحات تحكم التربينات (كشف على السكاكين - المفاتيح - الكونتاكطورات - خطوط Bus bar مكثفات - ...) وصيانة حاوية المكونات Nacelle (تعزيم رابطات - صيانات دوائر الزيت لصندوق التروس ونظام الهيدروليك والمراكم - كراسى التحميل...) وغسيل الريش.

الصيانة التصحيحية Corrective Maintenance : وهي تعتمد على إصلاح الأعطال المفاجئة Problem solving based حيث يتم من خلال النظام تحري أية أعطال فجائية أو قراءات غير طبيعية في التربينات أو الخطوط - الأكشاك - المحولات ومتابعة تطورها واتخاذ الإجراء المناسب

الصيانة التنبؤية Predictive Maintenance : من خلال القياس والمراقبة Monitoring based حيث يتم تطبيق نظام للصيانة التنبؤية من خلال قياسات الاهتزازات والانتزان وحالة كراسى التحميل وقياس درجات حرارة مختلف المكونات عن بعد باستخدام أحدث الأجهزة المتخصصة وبصفة دورية، بما يمكن من الكشف المبكر عن الأعطال وتحديد أسبابها وتلافى تكرارها وتوفير الاحتياجات من قطع غيار ومعدات وأجهزة وعمالة في الأوقات المناسبة .

ويمكن نظام التحكم والمراقبة أيضاً من التعرف على حالة التوقف نتيجة عطل ما وإعادة التشغيل عن بعد Reset لبعض الأعطال من داخل غرفة التحكم، ويمكن إظهار سجل بتاريخ أعطال التوربينات وكذلك سجل حالات التشغيل والتوقف.

ملحوظة هامة !!

على غير ما هو شائع ومتوقع.. لا يستلزم عند حدوث كل عطل إيقاف التربيننة أو صف التربينات المرتبطة معاً وإيقاف طواقم الصيانة عبر المساحات الشاسعة لإصلاحها! -حيث تقع مثلاً مزارع رياح «الزعفرانة» في «مصر» على مساحة 156 كيلو متراً مربعاً!!- ويبرز هنا دور خبرة التشغيل التي تكلمنا عنها وكذا دور نظام التحكم والمراقبة المركزي في التعرف بدقة على مدى سوء حالة التربيننة وعلى سبب توقفها نتيجة عطل ما.. ويتم بعدها كيفية إعادة تشغيلها عن بعد -إن أمكن- بعمل Reset لبعض الأعطال من داخل غرفة التحكم.. كما يتم إظهار سجل بتاريخ أعطال هذه التربيننة وكذلك سجل بفترات تشغيلها وتوقفها! ويوضح الجدول رقم (1) أمثلة لبعض أنواع تلك الأعطال.

نوع العطل	أمثلة
أعطال يتم إعادة التشغيل فيها أوتوماتيكياً عن طريق النظام	أعطال تذبذبات الشبكة (الجهد -التردد -التيار) - حيث يعاد التشغيل تلقائياً إذا ما استقرت الشبكة، أعطال درجات حرارة لوحات التحكم والزيت (نتيجة استمرار سرعات الرياح عالية لفترات أيام متصلة والتحميل لفترات طويلة) - حيث يستعاد التشغيل تلقائياً عند برودة الأجزاء
أعطال يقوم المشغل بإعادة التشغيل فيها من غرفة التحكم بعد التأكد من أمان التشغيل من طاقم الإصلاح عند التربيننة	الإيقاف اليدوي نتيجة الصيانات، أعطال فقد الاتصال بغرفة التحكم بسبب ارتفاع درجة حرارة وحدة تغذية الجهد بدوائر الألياف الضوئية، أعطال وحدة التحكم الخاصة بالتربيننة مثل انعدام الاستجابة لبعض الأوامر وأخطاء الحسابات.
أعطال لا يجوز إعادة تشغيل التربيننة عن بعد للخطورة	درجات حرارة الكراسي والملفات، ضغوط الزيت في دوائر الهيدروليك وانسداد الفلاتر، الأعطال الميكانيكية الجسيمة.

الأراضي وقدرات مزارع الرياح!!



بوجه عام، هناك نموذجين رئيسيين من مشروعات طاقة الرياح المتصلة بشبكات الكهرباء في جميع أنحاء العالم التنمية، الأول هو إقامة مزارع الرياح الكبرى large scale والتي تضم قدرات كبيرة (عشرات أو مئات الميجاوات)، أما النموذج الثاني فهو المشاريع الصغيرة التي تتراوح قدرتها بين 1 حتى 50 ميجاوات. وفي معظم أنحاء أوروبا حتى الآن، فإن المشروعات المقامة عادة من النموذج الثاني . على سبيل المثال، في الدنمارك ، يطلق تعبير مزرعة الرياح على أي مشروع به أكثر من ثلاث تربينات الرياح. هذا الشكل من إقامة

المشروعات والسائد في أوروبا يعود في جزء منه إلى هيكمل ملكية الأراضي حيث معظم المواقع الأوروبية البرية هي ذات كثافة سكانية عالية الرياح ومجزأة من حيث الملكية، وتوجه المواطنين وصغار المستثمرين نحو دعم الطاقة المتجددة أدى إلى نشأة العديد من المشروعات الصغيرة التعاونية وتركيب مجموعات التربينات من قبل المزارعين، و حفز هذا الاستثمار مجموعة من السياسات والقوانين التي أتاحت لمنتجي الكهرباء من الطاقات المتجددة الحصول على أسعار مميزة لتلك الطاقة. هذا لا يعني أن المشاريع الكبرى الرياح ليست موجودة في أوروبا ولكنها ليست الغالبة، فهناك عدد على المشاريع الكبرى في بلدان مثل المملكة المتحدة واسبانيا والبرتغال ورومانيا. ويغلب نموذج المشروعات الكبرى في أمريكا الشمالية والصين وهي عادة من 100- 250 ميجاوات، وتوجد أضخم مزرعة رياح بالعالم في ولاية تكساس الأمريكية وتشتمل على 421 تربينه بقدرة مركبة 735,5 ميجاوات، وتهدف الولاية الآن إلى استثمار نحو 4,9 مليار دولار لإنشاء خطوط نقل كهرباء ضخمة تنسج للطاقة المولدة من محطات رياح حتى 18 ألف ميجاوات، وهي طاقة تكفى أكثر من 4 مليون منزل بالولايات المتحدة. بينما تخطط الصين لإقامة ستة مناطق كبرى لطاقة الرياح تسع كل منها حتى 10 آلاف ميجاوات. وبالنسبة للعالم العربى فيغلب نموذج المحطات الكبرى أيضاً، حيث مثلاً توجد في منطقة الزعفرانة المصرية أكبر مزرعة رياح في إفريقيا والشرق الأوسط بقدرة 545 ميجاوات، وكذلك هناك عدد من المشروعات الكبرى المقامة في المغرب وتونس، والمخططة في عدد آخر من الدول العربية.

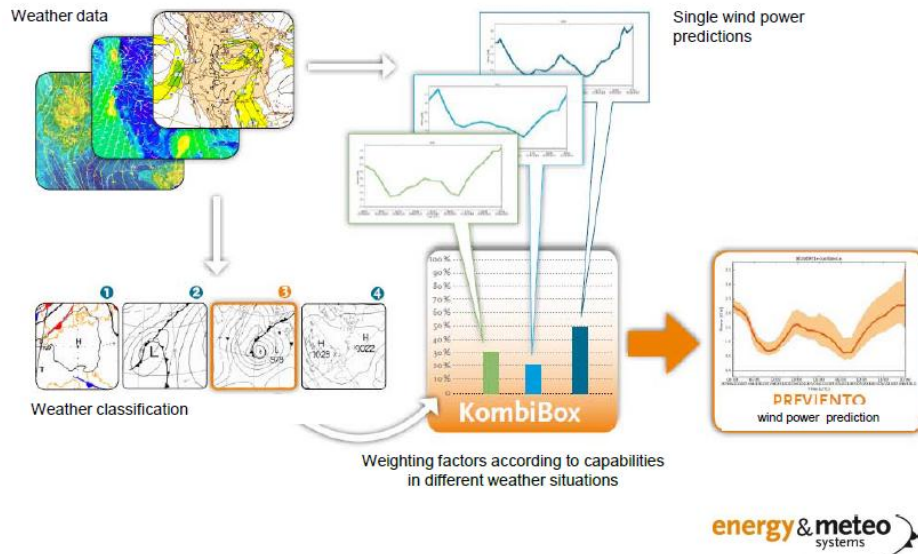
تكامُل دمج طاقة الرياح مع شبكات الطاقة الكهربائية !!

بالطبع يعتمد إنتاج طاقة الرياح على التغيرات المناخية.. لذلك فإن دراسة ومعرفة هذه التغيرات والتنبؤ بها يعد شيئاً ضرورياً من أجل دمج الطاقة الكهربائية المنتجة من طاقة الرياح مع شبكة الكهرباء المدنية بدقة وكفاءة! إن تدفقات الكهرباء في الشبكات هي بالأصل متغيرة.. وتتأثر هذه الشبكات بعدد كبير من العوامل سواء المخططة أو غير المخططة! ولكنها صُمِّمت لكي تتعامل مع هذه التغيرات من خلال أنظمة وجّهيزات مراكز التحكم والتوزيع والاحمال! ونتيجة لوجود المئات أو الآلاف من تربينات الرياح المدمجة مع الشبكة الكهربائية.. فإن طاقة مزارع الرياح لا تَخْرُج من شبكات التغذية الكهربائية فجائياً مثلما يحدث مع محطات التوليد الكبيرة بسبب حدوث عطل ما.. ولكنها تُحدث تغيرات متدرجة صعوداً وهبوطاً وفق حالة الرياح!

تطور تقنيات التنبؤ بالرياح !!

نتيجة للتكنولوجيا الحديثة والأقمار الصناعية ووسائل الاستشعار عن بُعد أصبح التنبؤ بأمكان الرياح وسرعاتها واتجاهاتها على درجة عالية من الدقة بالنسبة للمزارع الموزعة على مساحات كبيرة! وأيضاً بالاعتماد على تحليلات الأرصاد الجوية ونماذج رياضية وتحليلات إحصائية صار من الممكن التنبؤ بالرياح بدءاً من خمس دقائق وحتى 72 ساعة مقدماً بدقة عالية!! فقد أصبحت نسبة الخطأ في التنبؤ بإنتاج مزارع الرياح المنفردة تتراوح من 10% إلى 20% لدى تنبؤ يبلغ 36 ساعة!! أما بالنسبة للمزارع الموزعة على مستوى إقليمي فقد أصبحت نسبة الخطأ 10% لدى تنبؤ يبلغ 24 ساعة.. وأقل من 5% لأربع ساعات مقبلة! ويوضح الشكل التالي نظام التنبؤ الذي تقدمه إحدى الشركات العالمية! وللأسف لم يتم استخدام أيّاً من أنظمة الرصد والتنبؤ بتغيرات سرعات واتجاهات الرياح وتوقعات الطاقة الكهربائية المنتجة منها في أي من الدول العربية حتى الآن!!

Combination of weather models (energymeteo)



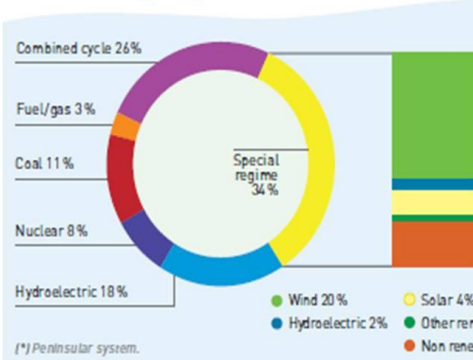
لقد أثبتت الخبرات العالمية في مجال طاقة الرياح أن أنظمة وطرق التحكم المتاحة والعاملة بالفعل في محطات الرياح المتطورة والحديثة الآن هي أنظمة ملائمة للغاية من أجل دقة التكيف والتعامل مع مستويات مُساهمة لطاقة الرياح في شبكات التوزيع الكهربائية تصل إلى 20% طبقاً لطبيعة النظام! كما أن الأنظمة المرنة والتي تحتوي على نسب مُشاركة عالية من الطاقة المائية والتوليد الغازي يمكن أن تُدمج معها أيضاً مستويات عالية من طاقة رياح دون إحداث أي تغيرات جوهرية بها وبأجزائها!

طاقة الرياح واعتماديتها في أوروبا !

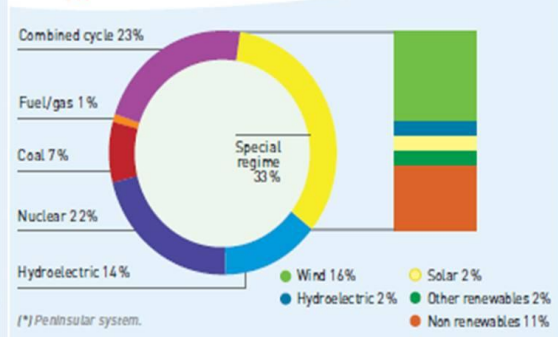
في «أوروبا» نجد أن دولة مثل «الدنمارك» تفي بالفعل بجواري ربع احتياجاتها (24٪) من الكهرباء من طاقة الرياح! وأسبانيا (16٪).. و«البرتغال» (15٪).. و«أيرلندا» (10,5٪).. و«ألمانيا» (9,4٪).

أما إقليمياً.. فترتفع هذه النسب في بعض المناطق.. فتصل في النصف الغربي من «الدنمارك» على سبيل المثال أحياناً إلى 100٪! كما أن الشبكة الكهربائية في العديد من الدول الأوروبية مثل «أسبانيا» و«البرتغال» تحتوي على مراكز تحكم مركزية بمقدورها التحكم في التربينات التي تشتمل عليها مزارع الرياح وإدارتها بكفاءة وفعالية!! ويوضح الشكل وضع محطات الكهرباء في «أسبانيا» والتي تحتوي على مزارع رياح تولد ما يمثل 20٪ من كافة قدرات محطات التوليد وتسهم في الوفاء بجواري 16٪ من الطلب على الكهرباء!

Installed capacity as on 31.12.2010 (*)



Annual demand coverage of electrical energy (*)



طبيعة الرياح المتغيرة.. والحل؟!

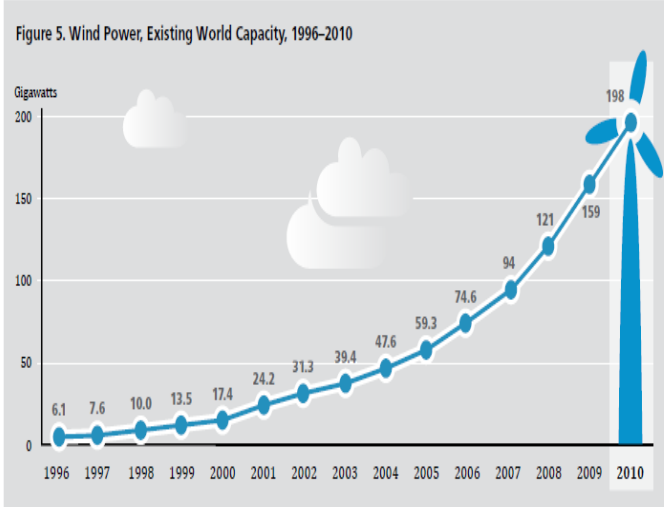


على الرغم من التسليم بأن طبيعة الرياح المتغيرة تستلزم وجود قدرات محطات إحتياطية من تكنولوجيات أخرى مستقرة. أو وجود ما يسمى بقدرات التوازن أو الدعم. أو تستلزم اللجوء إلى أنظمة تخزين للطاقة مثل المحطات المائية للضخ والتخزين **Plants Storage Pumped** كما يظهر في الشكل !!!! إلا أن الدراسات والأبحاث أظهرت تواضع مثل هذا الاحتياج.. وبالذات مع ترابط شبكات الكهرباء بين الدول فيما يعرف بـ «الربط الكهربائي الإقليمي»!

حيث يمكن مواجهة 20٪ من طاقة الرياح أو أي خلل غير متوقع من خلال قدرات احتياطيات محطات توليد الكهرباء الموجودة فعلياً في النظام. وتشير الدراسات أن التكلفة الإضافية لبناء وتشغيل قدرات جديدة لمحطات التوليد التقليدية لمواجهة تغيرات الرياح تصل حتى 3 يورو/ميغاوات ساعة منتجة من محطات الرياح (مثال أسبانيا حيث متوسط تكلفة التوازن 1.4 يورو/م.و.س). وبوجه عام تمثل نسبة تكاليف القدرات الإضافية لنسب المشاركة العالية للرياح نسبة أقل من 10٪ من تكلفة إنتاج الكهرباء من الرياح، ويمكن تلافى تأثير ذلك على المستهلك النهائي في ضوء مرونة النظام و باستخدام التنبؤ الدقيق والإدارة الجيدة لأسواق الكهرباء. وكخلاصة فإنه لنسب المشاركة حتى 20٪ لقدرات محطات الرياح مقارنة بإجمالي قدرات الشبكة فإن استخدام تكنولوجيات تخزين الطاقة غير ضروري وغير إقتصادي لمواجهة التغيرات ويمكن استخدام قدرات المحطات العادية الموجودة بالفعل بالشبكة لمواجهة تلك التغيرات، وبعد توزيع محطات الرياح على مساحات جغرافية كبيرة أفضل وسيلة للحصول على مساهمة مستقرة من طاقة الرياح.

السوق العالمي والعربي لطاقة الرياح !

شهد السوق العالمي للطاقت المتجددة عامة ولطاقة الرياح خاصة تطوراً كبيراً خلال السنوات الأخيرة! فطبقاً لأحدث تقارير الوضع العالمي للطاقة المتجددة الصادر عن «شبكة سياسات الطاقة المتجددة للقرن الحادي والعشرين» الدولية Renewable Energy Policy Network for the 21st Century أو REN21 في «يوليو» الماضي -والذي شُرِّفَت بالمساهمة فيه- شهد عام 2010 إضافة حوالي 39 جيجاوات من طاقة الرياح على مستوى العالم! لتصل بهذا القدرات الإجمالية من طاقة الرياح في العالم إلى 198 جيجاوات في نهاية عام 2010 وبمعدل نمو بلغ حوالي 25٪ مقارنة بالعام السابق!



ويوضح الشكل التالي الذي تضمنه التقرير تطور القدرات المركبة من طاقة الرياح في العالم على مدى أكثر من 15 عاماً! وقد تنافست كل من «ألمانيا» و«الولايات المتحدة الأمريكية» على الريادة في هذا المجال في الأعوام الأخيرة! ولكن «الصين» قفزت للريادة في 2010!! حيث أضافت مؤخراً قدرات من محطات الرياح تقارب 19 ألف ميجاوات ليصبح إجمالي قدرات محطات الرياح بها 44.7 ألف ميجاوات احتلت بها المركز الأول عالمياً. ثم «أمريكا» حوالي 40 ألف ميجاوات.. و«ألمانيا» 27 ألف ميجاوات.. و«أسبانيا» 21 ألف ميجاوات.. ثم «الهند» 13 ألف ميجاوات كأعلى خمس دول على الترتيب!

وطبقاً للتقارير والدراسات الأخيرة فإن قدرات التربينات المسيطرة على السوق العالمي حالياً للمشروعات البرية Onshore wind farms تتراوح ما بين 1,5 و 3 ميجاوات للتريينة.. والتي تم إنتاج آلاف الوحدات منها على مستوى الإنتاج التجاري النمطي. أما التربينات ذات القدرات الأعلى والتي ظهرت خلال السنوات الثلاث الأخيرة فهي تستهدف بصفة أساسية مشروعات محطات الرياح في البحار والمحيطات Offshore wind farms يتركز أكبر المصنعين لها في «الدانمارك».. «ألمانيا».. «أسبانيا».. «الولايات المتحدة».. «الصين» و«الهند». ومن أهم الشركات المصنعة Vestas الدانماركية.. Gamesa الأسبانية.. Enercon و Nordex الألمانية.. Electric General الأمريكية.. Suzlon الهندية.. و Goldwind الصينية وغيرها. أما عن الوضع في العالم العربي.. فتُعَد «مصر» هي الدولة الأولى عربياً وإفريقياً في مجال محطات الرياح! وقد احتلت المركز الثاني والعشرين بين دول العالم في نهاية 2010 بقدرات بلغت 550 ميجاوات! وتلي «مصر» «المملكة المغربية» بقدرات 286 ميجاوات ثم «تونس» بقدرات 114 ميجاوات.

التصنيع المحلي لمكونات مزارع الرياح.. ومستقبل واعد !

تتيح مشروعات مزارع الرياح فرصاً هامة للصناعة المحلية! حيث وصلت نسبة المكون المحلي في بعض المشروعات في «مصر» مثلاً ما بين 20٪ إلى 30٪!! وهي تتضمن الأبراج المعدنية وبعض المهمات الميكانيكية والكهربائية كالمحولات ولوحات التوزيع والكابلات والأعمال المدنية والإنشائية والتركيبات. ومن المأمول أن التوسع في مشروعات الرياح سيزيد من مشاركة الصناعة العربية عامة في تصنيع مهمات مزارع الرياح.. بما سوف ينعكس إيجابياً على التكلفة.. ويفتح فرصاً مستقبلية لتصدير هذه المهمات. وقد بدأت بوادر هذا في الظهور فعلاً من خلال استحواذ إحدى الشركات المصرية على نسبة أسهم كبيرة في إحدى الشركات المصنعة الأسبانية، وإنشائها خطوط إنتاج لبعض مكونات التربينات في مصر مع إنشائها لشركة مصرية متخصصة في إقامة مشروعات الرياح بدأت بالفعل تنفيذ أحد المشروعات في دولة ليبيا الشقيقة، ومن المنتظر أيضاً أن تتيح مثل تلك المشروعات -وعند التوسع فيها- إقامة شركات متخصصة تعمل في تقديم الخدمات الخاصة مثل أعمال

الاستشارات الهندسية والفنية وأعمال التصميمات والتشغيل والصيانة.. وكذا خدمات الإعاشة والترفيه بالمواقع النائية - أسوة بشركات خدمات البترول-.

خاتمة

لقد أثبتت طاقة الرياح أن الطاقة المتجددة قد خرجت من معامل الباحثين لتشارك بشكل فعال في الوفاء بمتطلبات الطاقة وتحدياتها! وأن نسبة مساهمتها في مزيج الطاقة التي نحتاجها تنمو يوماً بعد يوم! ولكنى أحب أن أؤكد هنا أن الطاقات المتجددة ليست دوماً ذلك الوافد الجديد الذي يحمل في جعبته حلاً سحرياً لمشاكل الطاقة الحالية!! فالدعوة إلى استخدام ونشر تطبيقات الطاقات المتجددة والبديلة لا تعنى أبداً إلغاء أو الاستغناء عن المصادر التقليدية للطاقة -في الوقت الراهن-!! ولكنها دعوة جادة لزيادة مشاركة الطاقة البديلة في مزيج الطاقة بشكل تدريجي وفعال.. بحيث يصبح الاعتماد عليها مستقبلاً سبيلاً لتحقيق أمن واستدامة الطاقة!

وكما أوضحنا سابقاً يبدو المسار ذو الأولوية لإنتاج الكهرباء من مصادر متجددة للطاقة هو الاستفادة من طاقة الرياح المنافسة اقتصادياً والأنضج فناً على المستوى العالمي. وهو ما يتطلب العمل المشترك من الحكومة والقطاع الخاص جنباً إلى جنب وأخذاً بعين الاعتبار وجود اتجاهات عالية نحو تعظيم دور القطاع الخاص باعتباره أحد الركائز الأساسية للتطوير المستقبلي لنظم الطاقة المتجددة بصفة عامة وطاقة الرياح بصفة خاصة. وهو ما ظهر في صورة إصدار القوانين والتشريعات التي تعمل على تشجيع الاستثمارات في مجال الطاقة المتجددة في مختلف دول العالم.

وتعد العديد من الدول العربية مناطق جذب واعدة في مجال مشروعات طاقة الرياح لما تتمتع به من مميزات مثل توافر الخبرات البشرية والقدرات الصناعية ووجود خطط طموحة طويلة المدى للطاقة المتجددة وبالطبع مواقع رياح متميزة. فضلاً عن وجود شبكة كهربائية موحدة ممتدة يمكن تحديثها لتُسهل في خلق سوق عالمي لبيع الطاقة النظيفة إلى «أوروبا» عبر شبكات الربط الاقليمي! ولعل أحد الخطوات في الاتجاه الصحيح قيام دولة مثل «مصر» بالإعلان عن هدف الوصول بمساهمة الطاقة المتجددة إلى نسبة 20% من إنتاج الكهرباء فيها بحلول عام 2020!! متضمنة 12% من طاقة الرياح وحدها.. أي بما يعادل حوالى 7200 ميجاوات يتولى إنشاء ثلثيها تقريباً القطاع الخاص! وقد تمت دعوة المستثمرين بالفعل لأول مناقصة بقدرة 250 ميجاوات!

كما أعلنت «المغرب» أيضاً استهداف الوصول إلى 2000 ميجاوات بحلول عام 2020! وللجزائر أيضاً هدف طموح يقارب 3700 ميجاوات بحلول 2030 وكلها خطوات فاعلة يُرجى منها تشجيع باقى الدول العربية ذات الإمكانيات على اتخاذ خطوات مشابهة. ومن ناحية أخرى فإن تحقيق مثل هذه الإستراتيجيات الطموحة يتطلب تفعيل حزمة من السياسات المتكاملة لخلق مناخ جاذب للاستثمارات.. بما يُمكن من تحسين اقتصاديات مشروعات الطاقة المتجددة وتعظيم نسبة المكون المحلي فيها تدريجياً.. ولهذا الموضوع حديث آخر نتناول فيه أهم السياسات والحوافز العالمية لتشجيع استثمارات ومشاريع الطاقات المتجددة!

وفى الختام أرجو أن أكون قد وفقت في أنقل لكم بعض ما أضاف إلى معلوماتكم وأثار إهتمامكم بهذه المجالات الحيوية!!