



رياح التغيير في أنظمة الطاقة العالمية والعربية

الكهرباء من الرياح
التكنولوجيا والمشاريع وآفاق تحقيق التنمية
في المناطق الحضرية والريفية



ماجد كرم الدين محمود

كبير الخبراء الفنيين بالمركز الإقليمي للطاقة المتجددة وكفاءة الطاقة

maged.mahmoud@rcreee.org or maged_mahmoud@hotmail.com

التعريف بالمركز

بدأ تأسيس المركز في 25 حزيران/ يونيو 2008 إثر توقيع وفود 10 دول عربية على "إعلان نوابا القاهرة" .. والذي اتفقت فيه الدول على تأسيس المركز كمنظمة دولية مستقلة،

.... تعنى بنشر وتطبيق سياسات وتقنيات الطاقات المتجددة وكفاءة الطاقة القابلة للتطبيق عملياً والمجدية اقتصادياً في دول المنطقة العربية، والعمل على زيادة مشاركة منتجاتها وخدماتها سواء المستخدمة في هذه الدول أو المصدرة منها إلى السوق العالمي



في 5 أغسطس 2010 تم توقيع اتفاقية مقر المركز بين حكومة جمهورية مصر العربية ممثلة في وزارة الكهرباء والطاقة وبين المركز ممثلاً في رئيس مجلس الأمناء لتصبح مصر مقراً دائماً للمركز

الدول الأعضاء بالمركز

الأردن، البحرين، تونس، الجزائر، السودان، سورية، العراق، فلسطين، لبنان، ليبيا، مصر، المغرب، واليمن..



يتم تمويل المركز في السنوات الخمسة الأولى لتأسيسه بمساهمات مادية وعينية من حكومات مصر وألمانيا والدنمرك والاتحاد الأوروبي لتغطية تكاليف كافة النشاطات التي يقوم بها المركز.



الهيكل التنظيمي للمركز

مجلس الأمناء (Board of Trustees)

أعضاء استشاريين ومراقبين ليس لهم حق التصويت
ممثلين شركاء التنمية
شخصيات عامة
الممثلين الرسميين للدول الأعضاء في المركز لهم حق التصويت

اللجنة التنفيذية (Executive Committee)

خمسة أعضاء - ثلاثة يمثلون المشرق والمغرب العربي والدولة المضيفة بالإضافة إلى عضوين من القطاع الخاص من المنطقة

السكرتارية (Secretariat)

تتألف من المدير ونائبين للمدير
المدير ونائبه يختارون على أساس إقليمي من المشرق والمغرب والدولة المضيفة و يعكسون الخبرات اللازمة في المحاور الرئيسية لعمل المركز

الخبراء والكادر الفني والإداري (Staff)

مراسلين في الدول الأعضاء
(Correspondents)

التعاون مع المنظمات الإقليمية والدولية

يتعاون المركز في أنشطته المختلفة مع العديد من المنظمات والمشروعات الدولية والإقليمية

يقوم المركز بإبرام مذكرات تفاهم مع عدد من هذه المنظمات

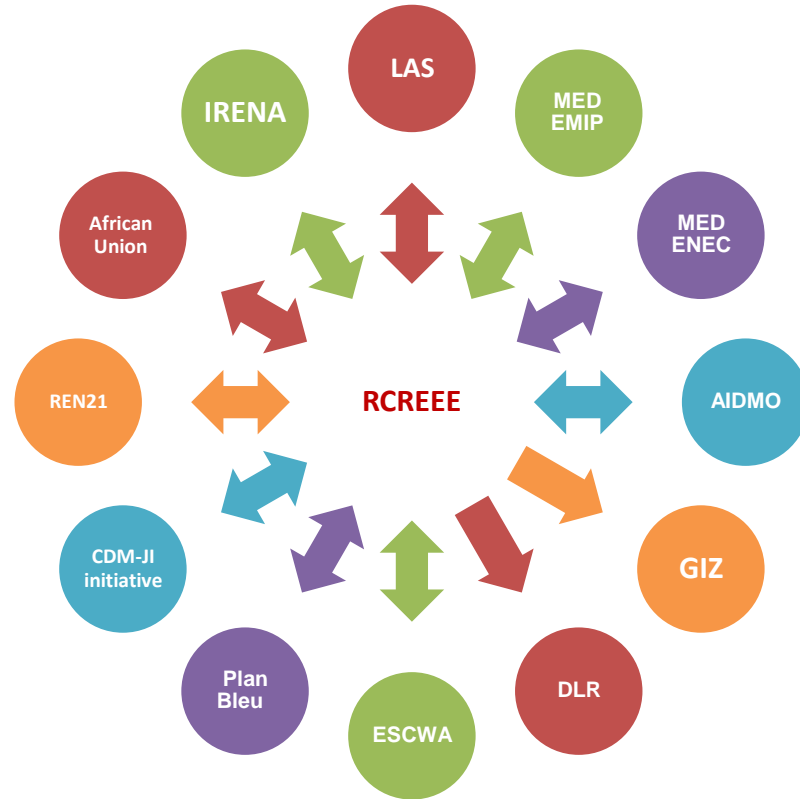
محاور عمل المركز

بناء القدرات العربية وشبكات التواصل

دفع البحث العلمي والتطوير والتطبيق

تشجيع مشاركة القطاع الخاص

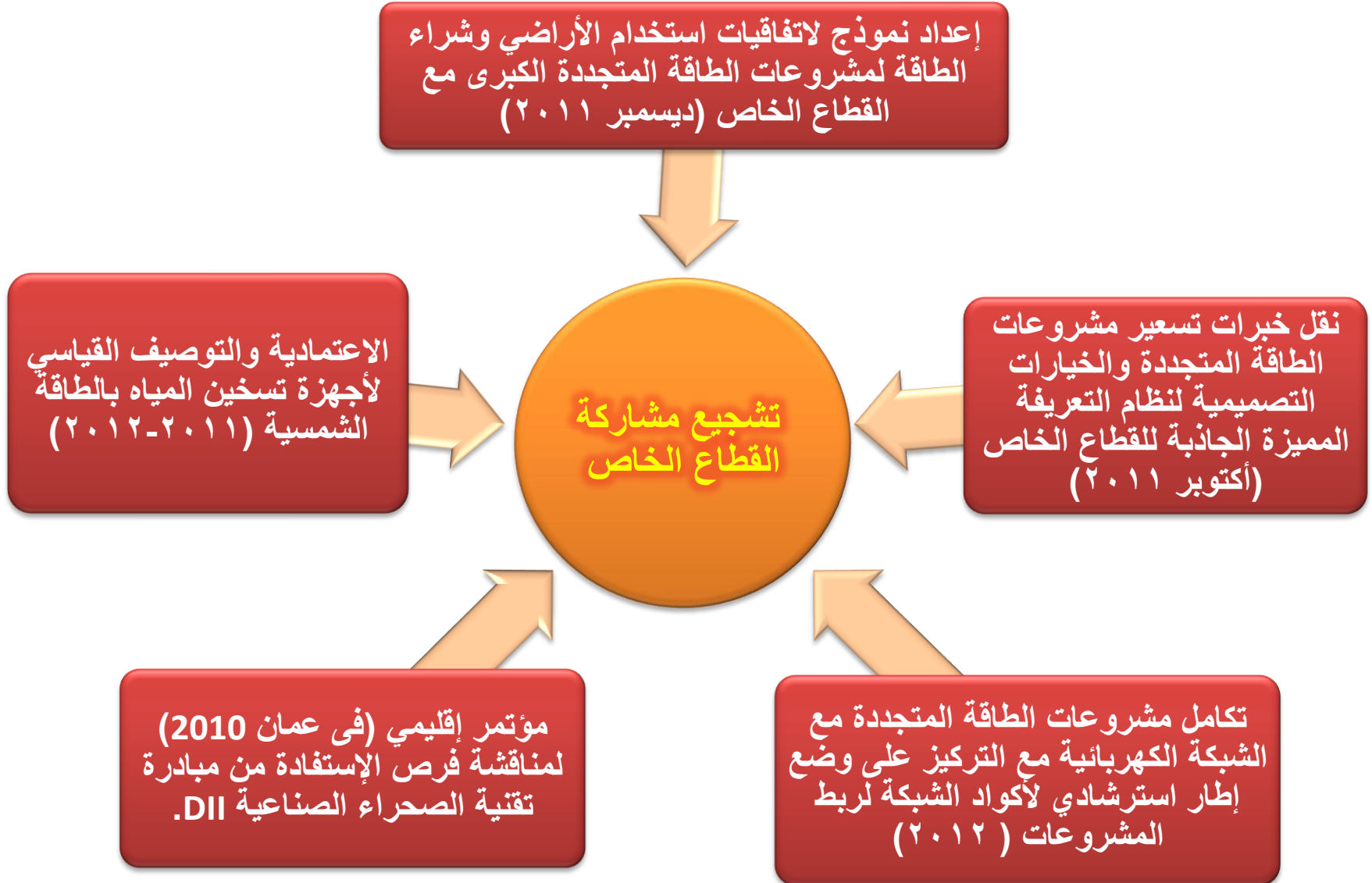
دعم وضع وتطوير السياسات والتشريعات



أنشطة المركز



أنشطة المركز



أنشطة المركز



أنشطة المركز

بناء القدرات العربية وشبكات التواصل

الدورة التدريبية بالتعاون مع جامعة
الدول العربية "تكنولوجيات انتاج
الكهرباء من الطاقة الشمسية"
(أسبانيا - مايو 2011)

الدورة التدريبية "كيفية تمويل
مشاريع الطاقات المتجددة
بتكنولوجياتها المختلفة" (لبنان -
أكتوبر 2010)

دورة تدريبية في مجال تجارة
الكربون والية التنمية النظيفة
(القاهرة - نوفمبر 2011)

الدورة تدريبية "كفاءة الطاقة في
المباني" (تونس - يونيو 2010)

دورة تدريبية حول مراجعات
"تدقيقات" الطاقة في القطاع
الصناعي (القاهرة ديسمبر
2011)

الدورة التدريبية "التدريب
العملي على برامج الحاسب الآلي
لتصميم مزارع الرياح" (القاهرة
- أكتوبر 2010)

ورشة عمل ملصقات ومواصفات
كفاءة الطاقة بالأجهزة المنزلية
(ديسمبر 2011)

الدورة التدريبية "تشغيل
وصيانة مزارع الرياح"
(مدينة الرباط بالمغرب -
مارس 2010)

المشاركة في المؤتمرات
والندوات الإقليمية والدولية

الدورة التدريبية "أسس تصميم
مزارع الرياح واختيار التربينات"
(بالقاهرة والغردقة والزعفرانة -
ديسمبر 2009)

منح التدريب للطلبة
والمختصين بالمركز

الدورة التدريبية "إعداد القادة
الشباب في مجال الطاقات المتجددة"
(برلين - نوفمبر 2009)

إذا أخفقنا في التخطيط ...

فإننا نخطط للإخفاق!!!

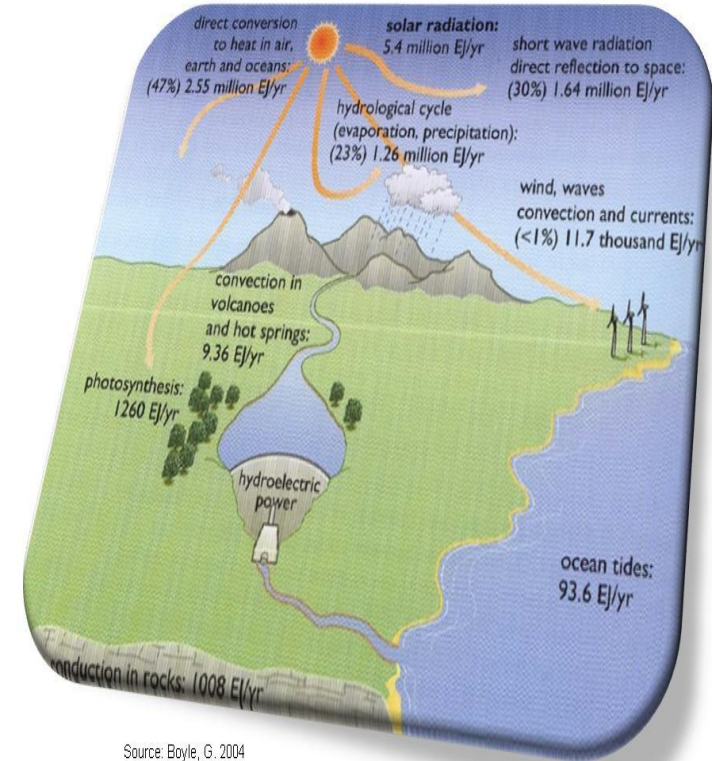
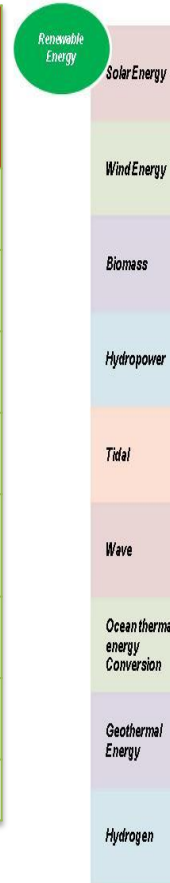
If we fail to plan,
we plan to fail



من أين نبدأ؟!

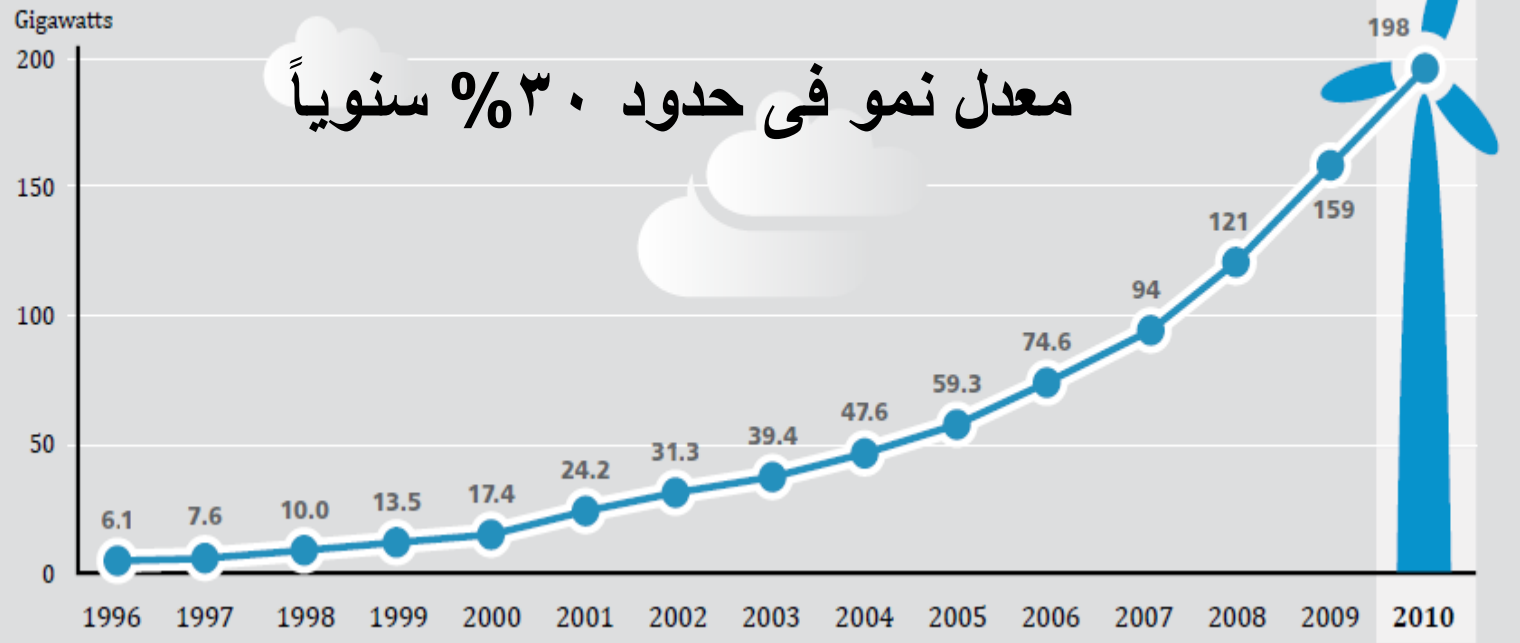
تقنيات الطاقة المتجددة	قدرات إنتاج الكهرباء في نهاية ٢٠١٠ (ألف ميجاوات)
محطات الرياح	١٩٨
محطات الكتلة الحيوية	٦٢
المحطات الشمسية الفوتوفلطية	٤٠
المحطات الجيوحرارية	١١
محطات المركبات الشمسية الحرارية	١,١
طاقة الأمواج والمحيطات	٠,٣
محطات الطاقة المائية	١٠١٠

Source: REN21, Global status Report 2011



Source: Boyle, G. 2004

Figure 5. Wind Power, Existing World Capacity, 1996–2010



Source: GWEC,
WWEA, EWEA,
AWEA, MNRE,
BMU, BTM
Consult, IDAE,
CREIA, CWEA

Source: GSR 2011, REN21



التأثيرات البيئية المرتبطة بإنتاج الكهرباء

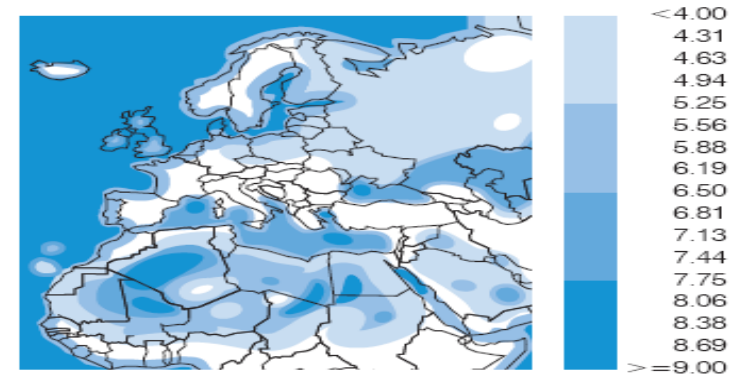
تأثيرات إنتاج الكهرباء			تأثيرات دورة الحياة (قبل وبعد الإنتاج)			انبعاثات ثاني أكسيد الكربون (طن/ميجاوات ساعة)	التكنولوجيا
الأراضي	المياه	الهواء	الأراضي	المياه	الهواء		
التكنولوجيا المرجعية للمقارنة النسبية التالية						٠,٧٧٧	الدورة البخارية فوق الحرجة العاملة بالفحم Ultra-super critical plant
إيجابي	إيجابي	إيجابي	إيجابي	إيجابي	إيجابي	٠,٤٠٣	محطات الدورة المركبة بالغاز الطبيعي
إيجابي	سلبي	إيجابي	متغير / غير مؤكد	متغير / غير مؤكد	إيجابي	٠,٠٠٥	المحطات النووية
محدود	سلبي	إيجابي	إيجابي	إيجابي	إيجابي	٠,٠١٧	محطات المركبات الشمسية الحرارية
محدود	إيجابي	إيجابي	إيجابي	إيجابي	إيجابي	٠,٠٠٩	محطات الخلايا الشمسية الفوتوفلطية
متغير / غير مؤكد	إيجابي	إيجابي	إيجابي	إيجابي	إيجابي	٠,٠٠٢	محطات الرياح

Source: IEA, 2010

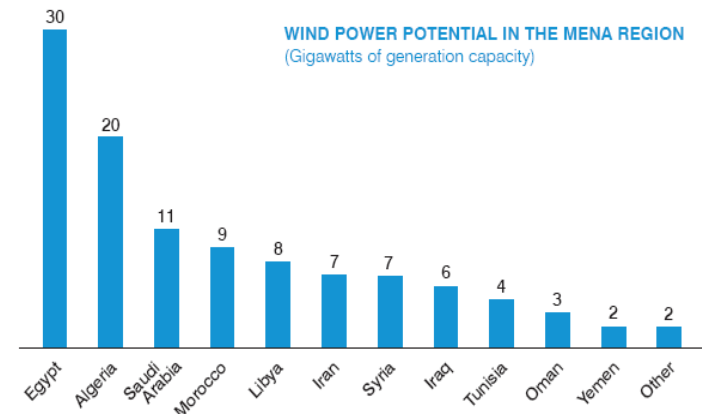
إمكانات الرياح في المنطقة

Country	Full load hours per year (h/y)	Capacity Factor (%)
Algeria	1,789	20
Bahrain	1,360	16
Egypt	3,015	34
Iraq	1,789	20
Jordan	1,483	17
Kuwait	1,605	18
Lebanon	1,176	13
Libya	1,912	22
Morocco	2,708	31
Oman	2,463	28
Qatar	1,421	16
Saudi Arabia	1,789	20
Syria	1,789	20
Tunisia	1,789	20
UAE	1,176	13
Yemen	1,483	17

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).

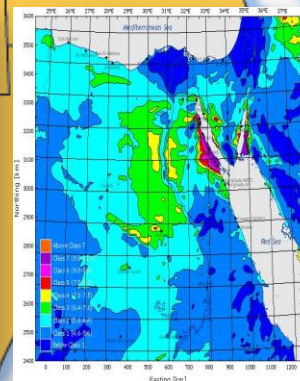
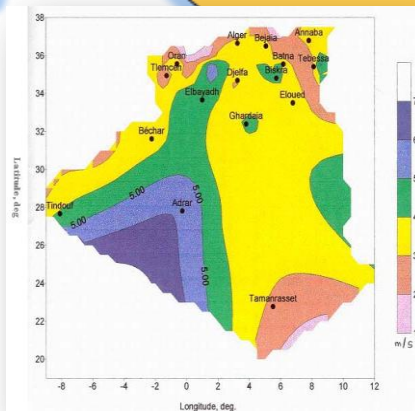
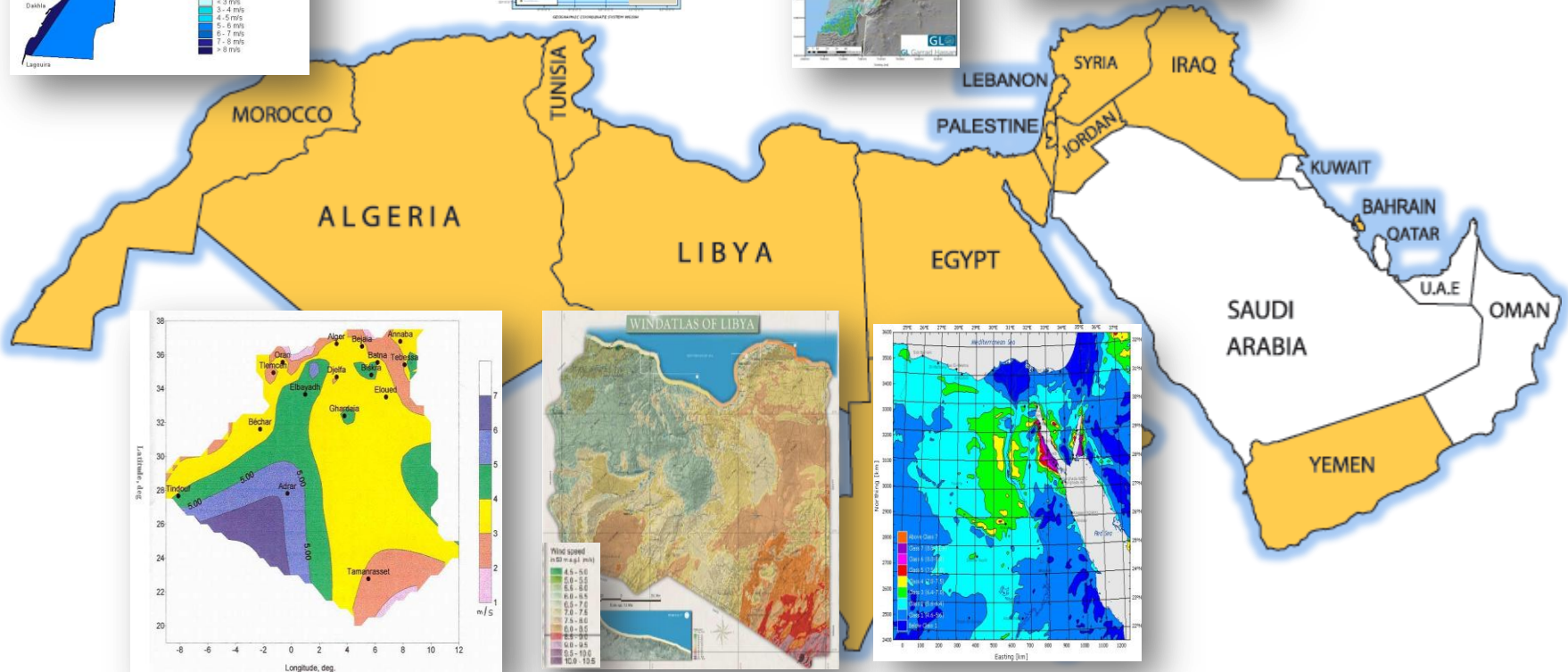
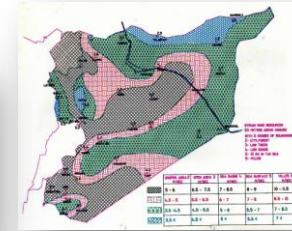
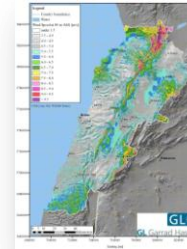
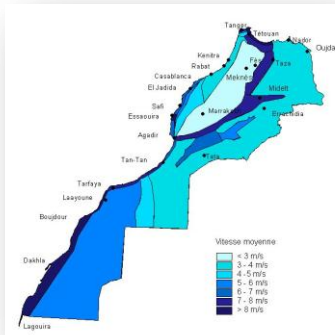


Source: German Aerospace Agency (DLR)



Source: "Concentrating Solar Power for the Mediterranean Region" (MED-CSP), German Aerospace Agency (DLR), 2005

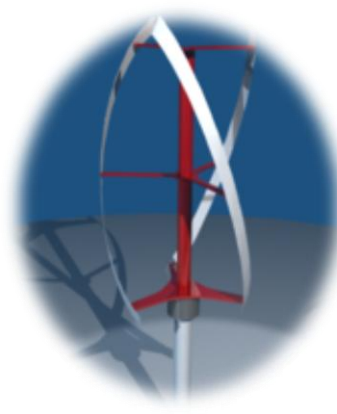
الخرائط والأطالس !!!



تكنولوجيات طاقة الرياح

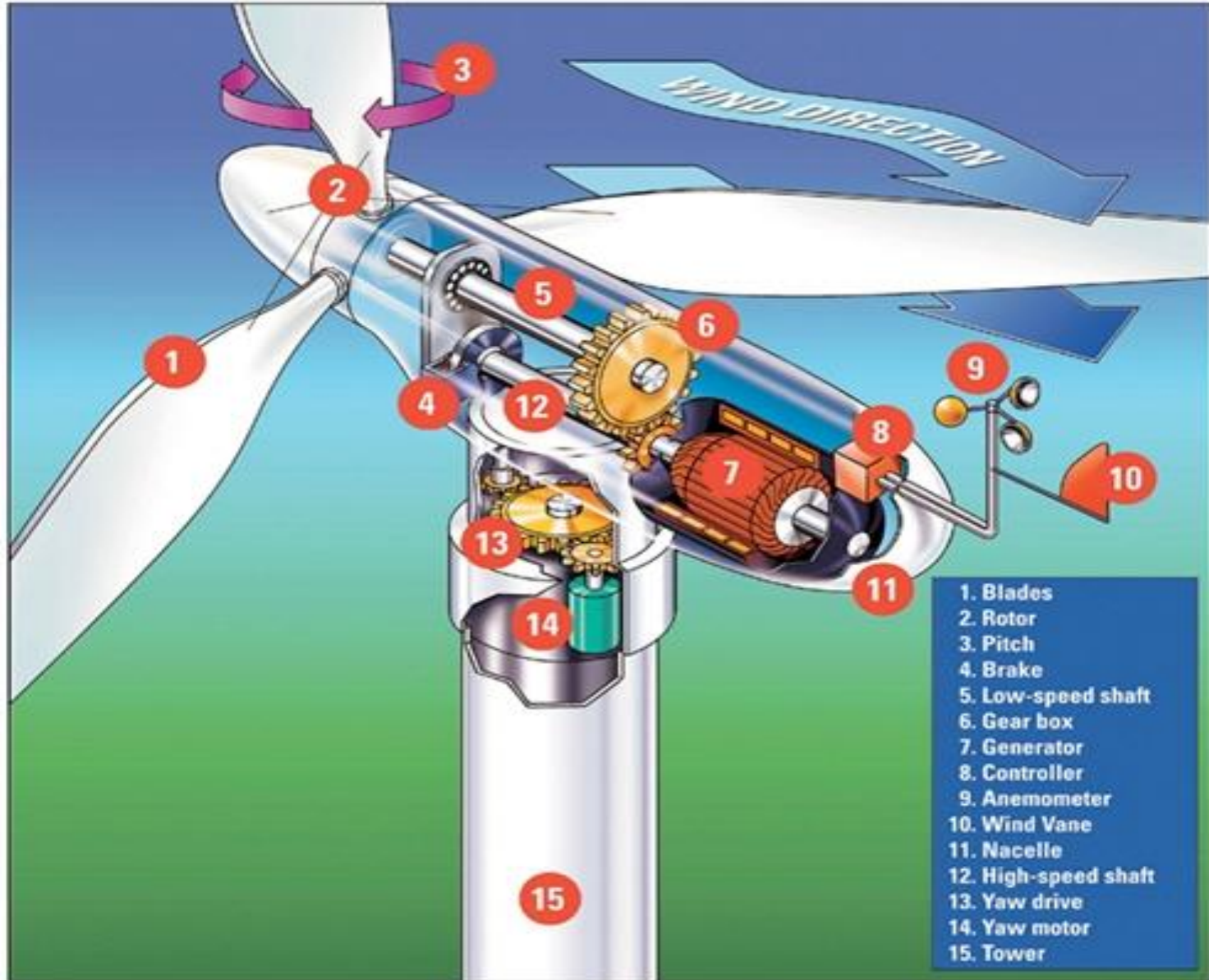


توربينات "عنفات" الرياح أفقية المحور



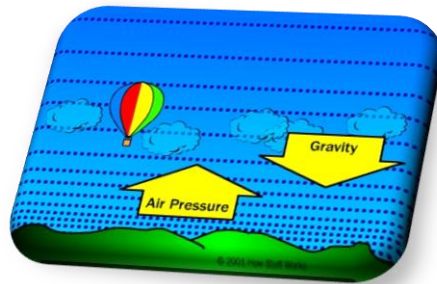
توربينات "عنفات" الرياح رأسية المحور

توربينات الرياح



الطاقة في الرياح

$$= \frac{1}{2} \times \text{كثافة الهواء} \times \text{مساحة دوران الريش} \times (\text{سرعة الرياح})^3$$

 ρ


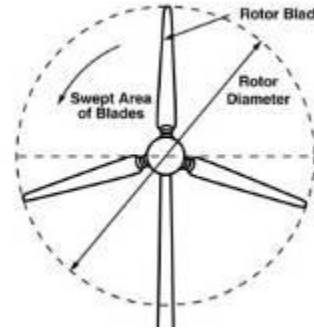
كثافة الهواء = $P/(R \times T)$

P – الضغط (Pa)

R – الثابت النوعي للغازات (287 J/kgK)

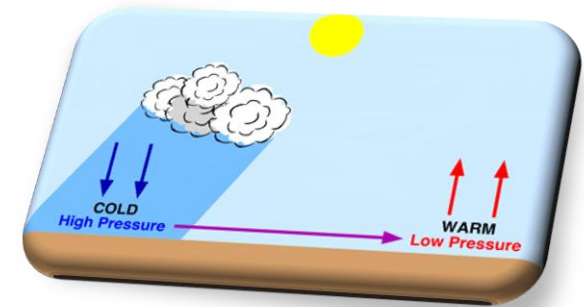
T – درجة حرارة الهواء (K)

kg/m³

 A


المساحة = πr^2

m²

 V^3


السرعة اللحظية

(وليست السرعة المتوسطة)

m/s

معرفة سرعة الرياح ضرورية ودرجة لتقييم الطاقة المتاحة

مصطلحات طاقة الرياح الشائعة

$$\text{الطاقة في الرياح} = \frac{1}{2} \rho A V^3$$

59% Max - حد بيتز

C_p - معامل القدرة

القدرة "الإستطاعة" الإسمية

أقصى قدرة يمكن للمولد الوصول إليها

سرعة الدخول:

سرعة الرياح التي يبدأ عندها إنتاج الكهرباء

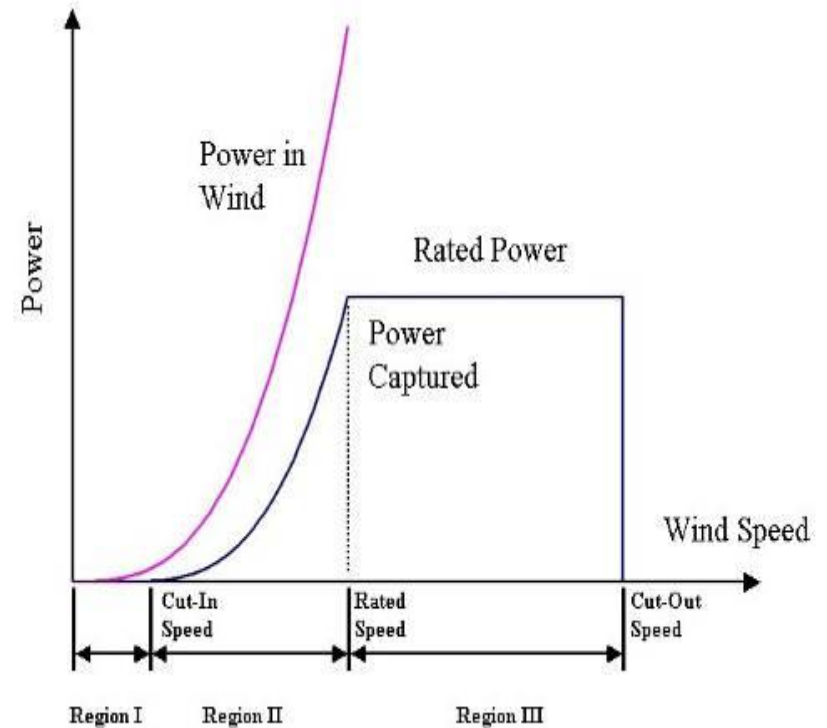
سرعة الخروج:

سرعة الرياح التي يتوقف عندها إنتاج الكهرباء

Power Coefficient (factor)

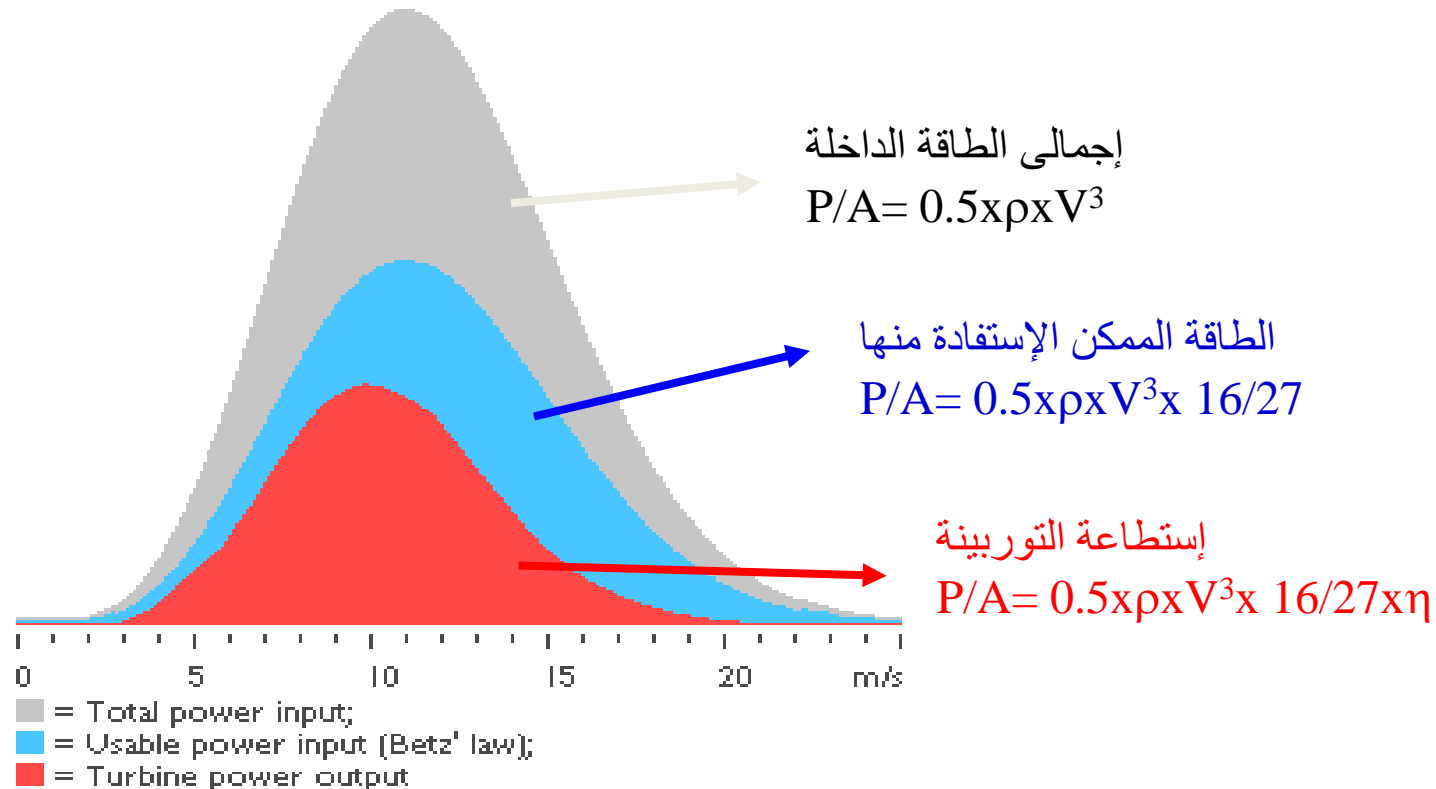
$$C_p = \frac{P}{\frac{1}{2} \times \rho \times A \times V_1^3}$$

$$C_{Pmax} = \frac{16}{27} = 0.593$$



Typical Power Curve

في المتوسط، تستخلص توربينة الرياح الجيدة الأداء حوالي نصف الحد الأقصى النظري أى حوالي 30% من الطاقة المتاحة في تدفق الهواء العابر لريش التوربينة.



تغير سرعة الهواء مع الارتفاع Wind Shear

$$U(h) = U(h_r) \left[\frac{h}{h_r} \right]^m$$

$$U(h) = U(h_r) \left[\frac{\ln\left(\frac{h}{z_0}\right)}{\ln\left(\frac{h_r}{z_0}\right)} \right]$$

h_r : “reference height”

m : A function of wind speed, surface roughness (may vary with wind direction), and atmospheric stability (changes from day to night)

z_0 is the “roughness length” i.e. the height above ground level where the wind speed is theoretically zero.

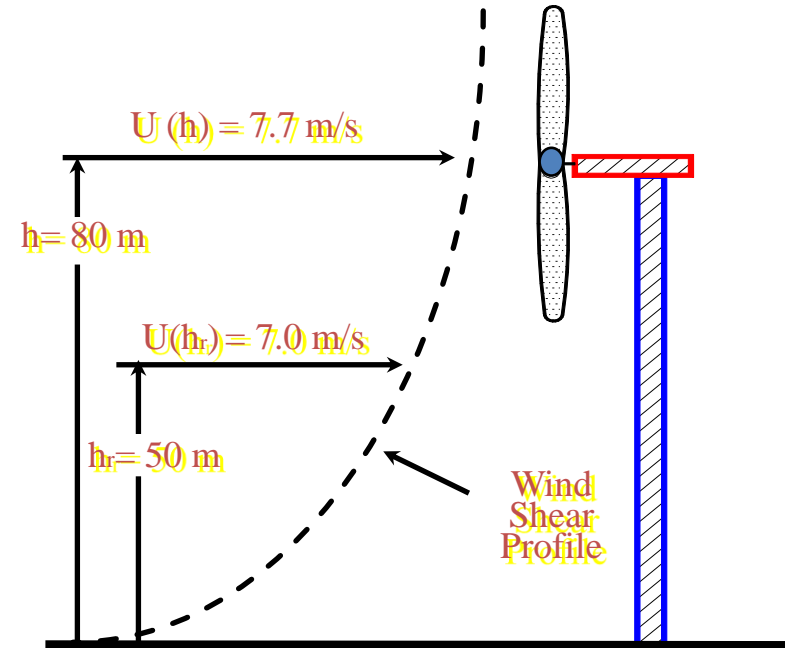


Table (1.2) Variation of z_0 and m with terrain [wood, 2002]

Type of terrain	z_0 (m)	m
water	0.001	0.01
open country	0.02	0.12
farmland with few trees etc	0.05	0.16
farmland with many trees, forests etc, villages	0.3	0.928

تبسيطات مفيدة Rules-of-thumb

- إذا تضاعفت سرعة الرياح ... زاد محتوى الطاقة في الرياح **ثمانية مرات**
- إذا زاد قطر التريينة **مرتين** ... زادت الطاقة المستفاد منها **أربعة مرات**
- إذا زاد ارتفاع التريينة **واحد متر** غالباً ما تزيد الطاقة المنتجة **١٪**
- كل واحد كم ٢ ... يمكنه استيعاب ٥ - ٨ **ميجاوات** من التريينات متوسطة القدرة





معامل السعة

- للتبسيط يمكننا فهم مؤشر «معامل السعة» كنسبة الطاقة الكهربائية الفعلية المُنتَجة من محطة رياح ما .. مقارنة بما كانت سوف تنتجها وهي تعمل بكامل طاقتها طوال العام.

Generated electricity

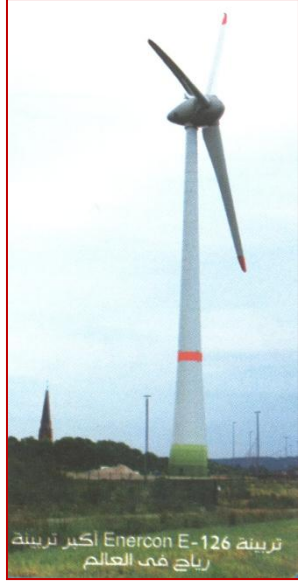
Capacity factor =

Installed capacity x No. of hours of the year (8760h)



- القيم النمطية في حدود ٢٠-٤٠ %

تبسيطات مفيدة



تريبنة Enercon E-126 أكبر تريبنة
رياح في العالم

الحجم ... تريبنة الرياح والطائرة

تريبنات الرياح أفقية المحور حالياً هي أكبر الآلات الدوارة في العالم!!
فالمسافة بين طرفي جناحي أكبر طائرة ركاب في العالم وهي الـ Airbus A380 حوالى ٨٠ متراً..

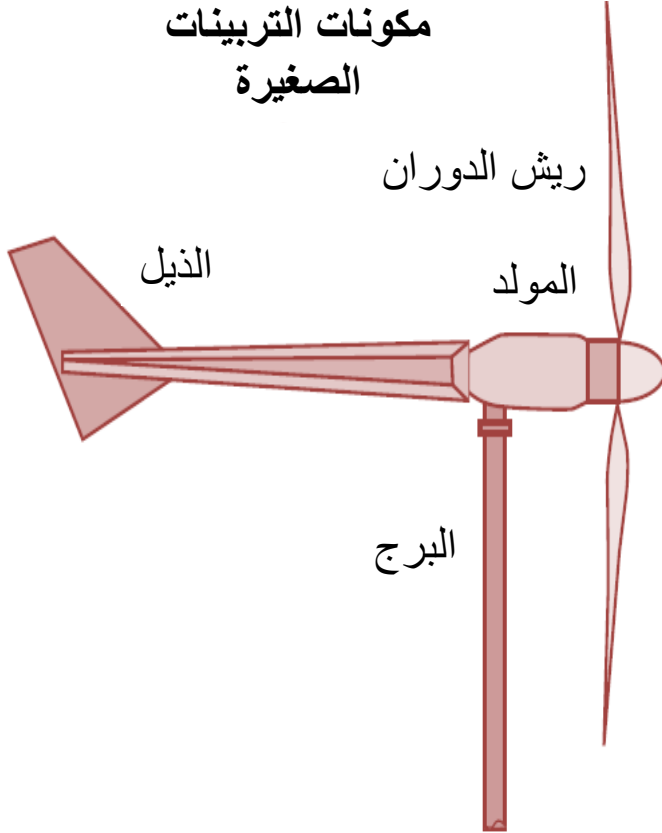
التريبنة التى قدرتها ٦ ميغاوات يبلغ قطر دوران ريشها ١٢٦ متراً.. ويرتفع برجها إلى نحو ١٣٨ متراً.. أى أن أقصى ارتفاع لطرف الريشة يصل إلى إرتفاع كلى يبلغ حوالى ٢٠٠ متر من قاعدة البرج!!

العمر التشغيلى ... تريبنة الرياح والسيارة

التريبنات تصمم ليصل عمر تشغيلها إلى عشرين عاماً! أى أن زمن تشغيلها الفعلى سيربو على مائة وعشرين ألف ساعة تقريباً!!
السيارة تقطع فى عمرها التشغيلى الافتراضى حوالى ٣٠٠ ألف كيلومتراً.. وبمتوسط سرعة يبلغ حوالى ٦٠ كيلومتراً فى الساعة.. أى أنها ستعمل فى النهاية لمدة حوالى خمسة آلاف ساعة فقط!! وبهذا يمكننا تصور مستوى الدقة والتكنولوجيا المطلوب لتصميم وتصنيع تريبنات الرياح مقارنة بالسيارات مثلاً.

الأنظمة الصغيرة

مكونات التربينات الصغيرة



• تتراوح قدرات الأنظمة الصغيرة بين ٢٠ وات و ١٠٠ ك وات

• أصغر التوربينات – الميكرو “٢٠ – ٥٠٠ وات” تستخدم في تطبيقات متنوعة مثل شحن البطاريات للسيارات والقوارب الترفيهية

• التوربينات ١ – ١٠ ك.وات يمكن استخدامها في تطبيقات مثل ضخ المياه

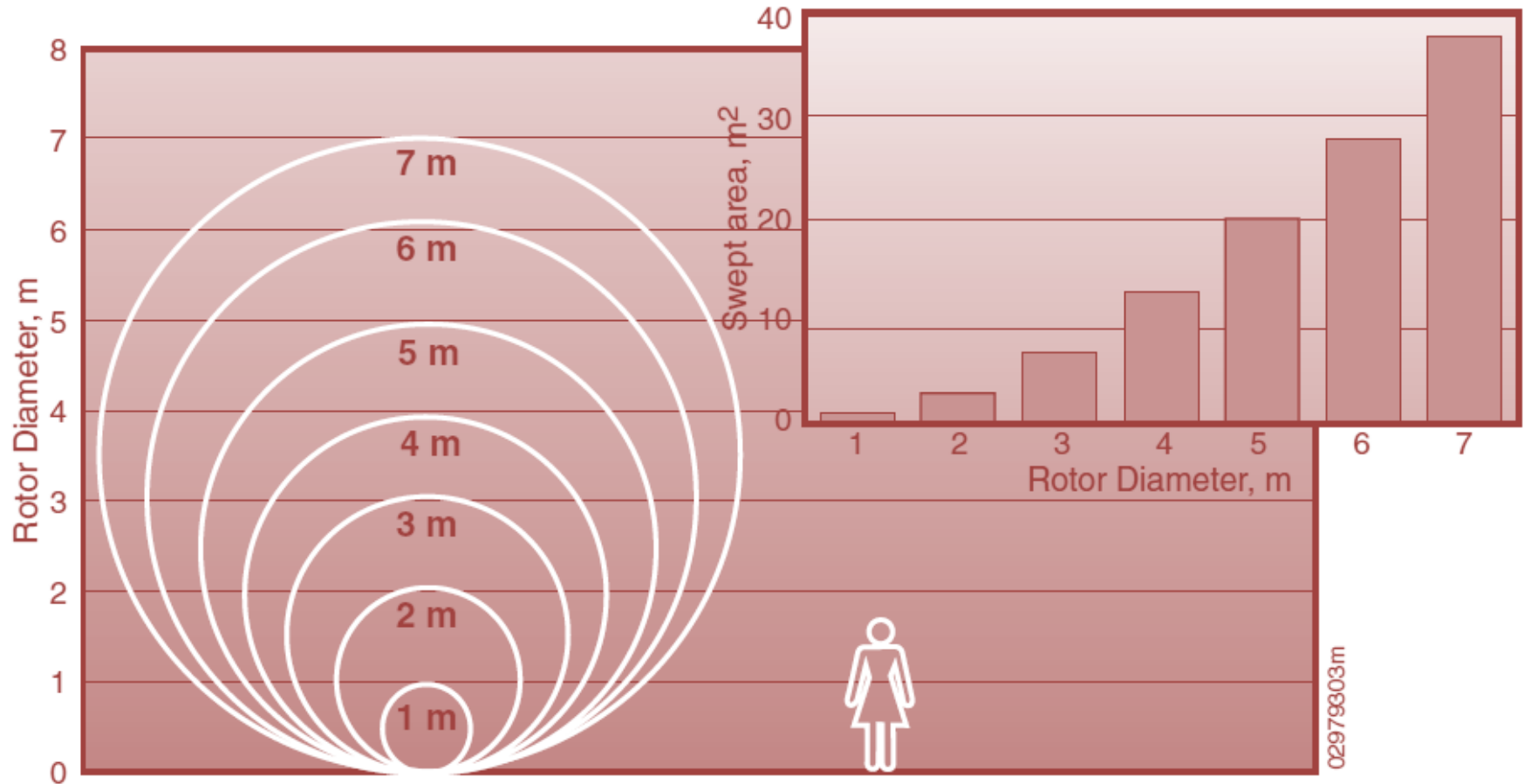
• التوربينات المستخدمة في التطبيقات المنزلية تتراوح قدراتها بين ٤٠٠ وات و ١٠٠٠ ك.وات للأحمال الكبيرة

• المنزل النمطي الغربي يستخدم حوالي ١٠ آلاف ك.و.س سنوياً (٨٣٠ ك.و.س شهرياً) وطبقاً لسرعة الرياح في الموقع يمكن استغلال توربينة (١٥ – ١٠ ك.و)

• المنزل المتوسط المصري يستهلك ٣٠٠ ك.و.س شهرياً، وبافتراض وجود سرعة رياح متوسطة سنوياً حوالي ٦,٥ م/ث فإن توربينة ١٥ ك.وات ستفى باحتياجاته.

Ref.: Small wind Electric Systems; US DoE, EERE Indiana consumer guide

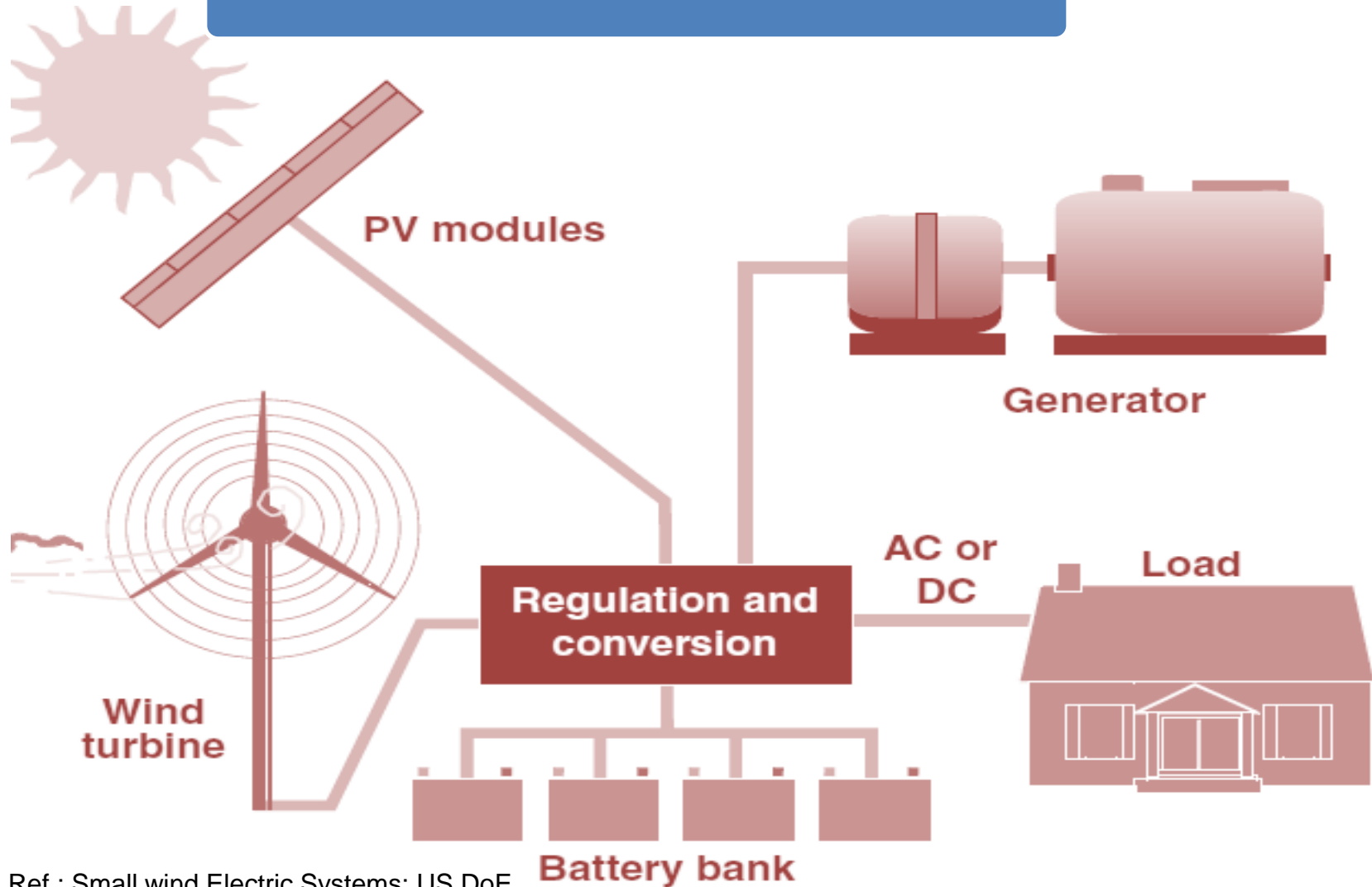
حجم الأنظمة الصغيرة



Source: Paul Gipe, *Wind Energy Basics*

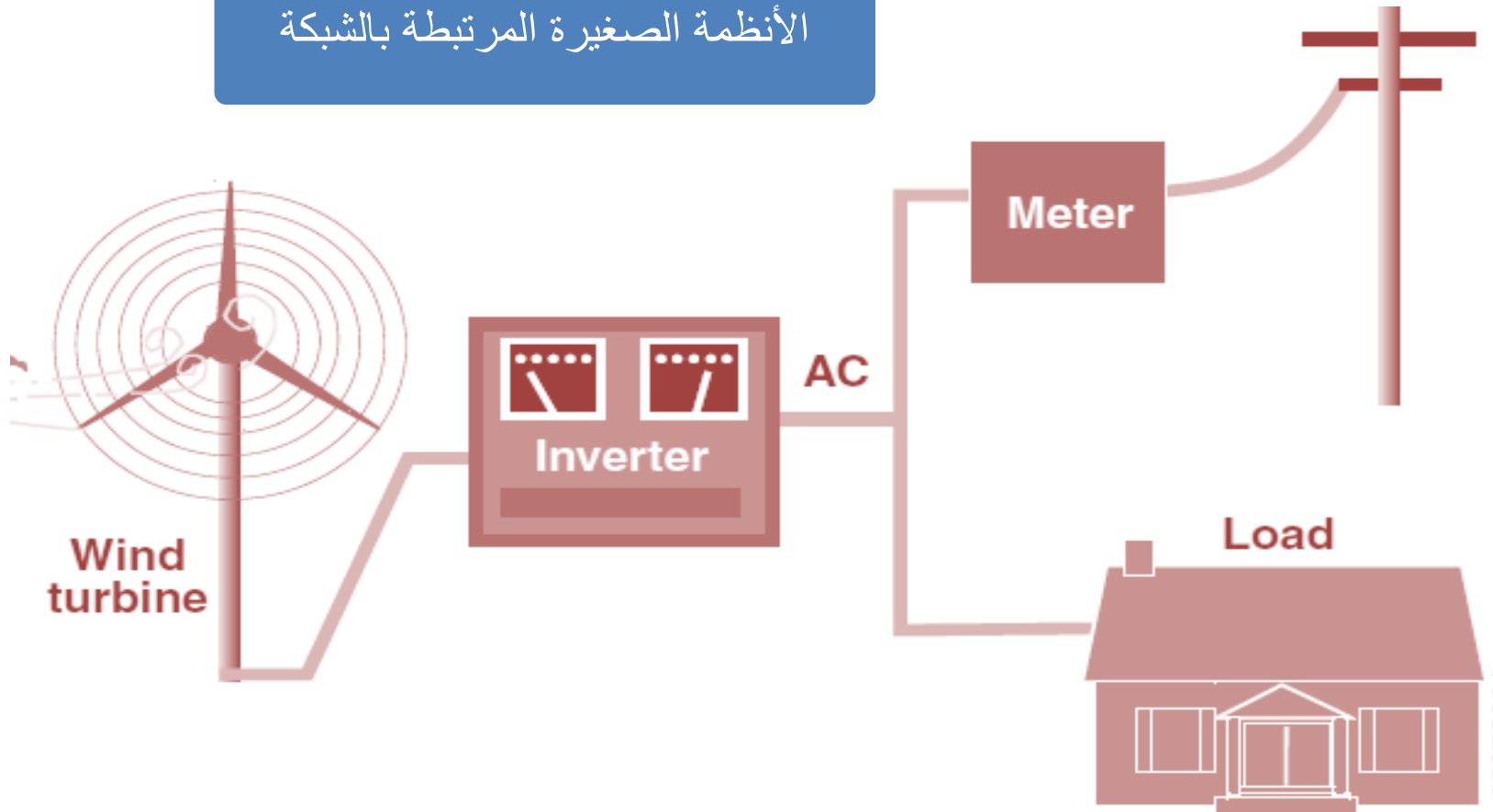
Ref.: Small wind Electric Systems; US DoE,
EERE Indiana consumer guide

الأنظمة الصغيرة الهجينة المعزولة عن الشبكة



Ref.: Small wind Electric Systems; US DoE,
EERE Indiana consumer guide

الأنظمة الصغيرة المرتبطة بالشبكة



Ref.: Small wind Electric Systems; US DoE,
EERE Indiana consumer guide

السرعة لا تهم إن كنت تمضي في الإتجاه الخاطئ

الزعيم الهندي : غاندى





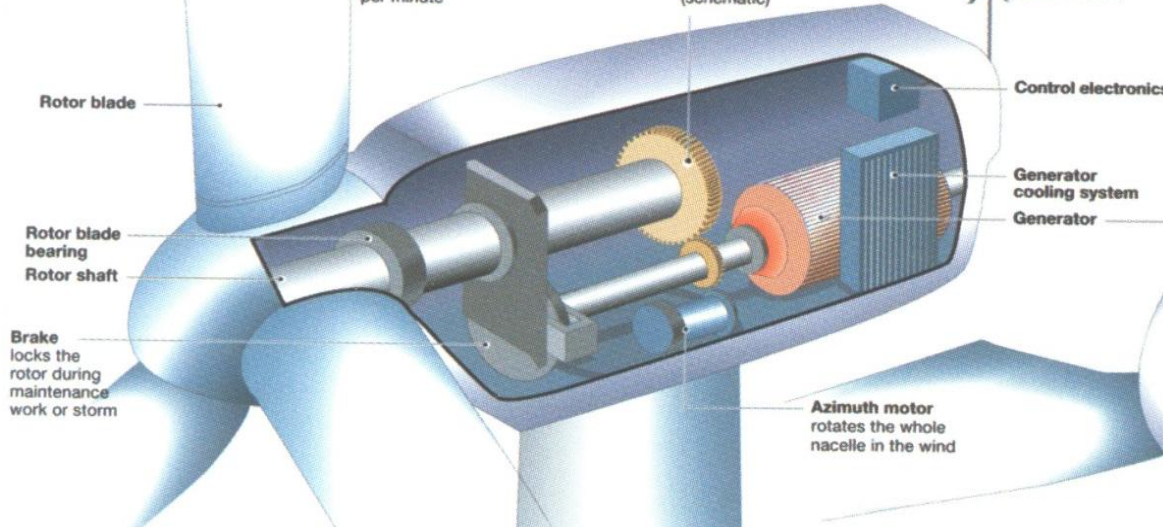
محطات إنتاج الكهرباء من الرياح → مزارع الرياح

Wind Power Plants= Wind Farms=
Wind Parks

فئات التربينات أفقية المحور

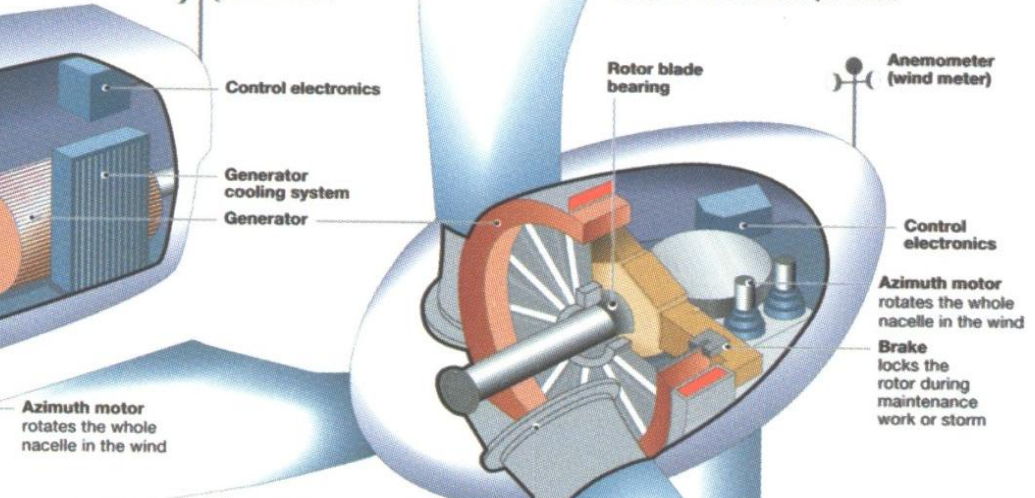
1. Example of a system with gearbox

Output: 2.0 Megawatt
Rotor diameter: 80 metre
Tower height: approx 80 metre
Speed: 9 - 19 revolutions per minute



2. Example of a system without gearbox

Output: 5.0 Megawatt
Rotor diameter: 114 metre
Tower height: approx 124 metre
Speed: 8 - 13 revolutions per minute



• الفئة الثانية.. من التصميمات هي التربينات بدون صندوق للتروس Gearless Turbines وفيها يتصل عامود السرعة الرئيسي البطيئ -المتصل بالريش- مباشرة بقلب مولد ذو حجم كبير متعدد الأقطاب يستطيع توليد الكهرباء عند سرعات الدوران بطيئة..

• الفئة الأولى.. التربينات الكلاسيكية ذات صندوق التروس متعدد المراحل التقليدي.. وتسمى أيضاً بذات «المفهوم الدانمركي» Danish Concept

• الفئة الثالثة.. هي هجين بين التصميمين السابقين بحيث تسمح بمولد أصغر وكذلك صندوق تروس أصغر يتكون عادة من مرحلة واحدة.

التحكم فى الطاقة الريش ثابتة الزاوية – الريش متغيرة الزاوية والتحكم فى السرعة



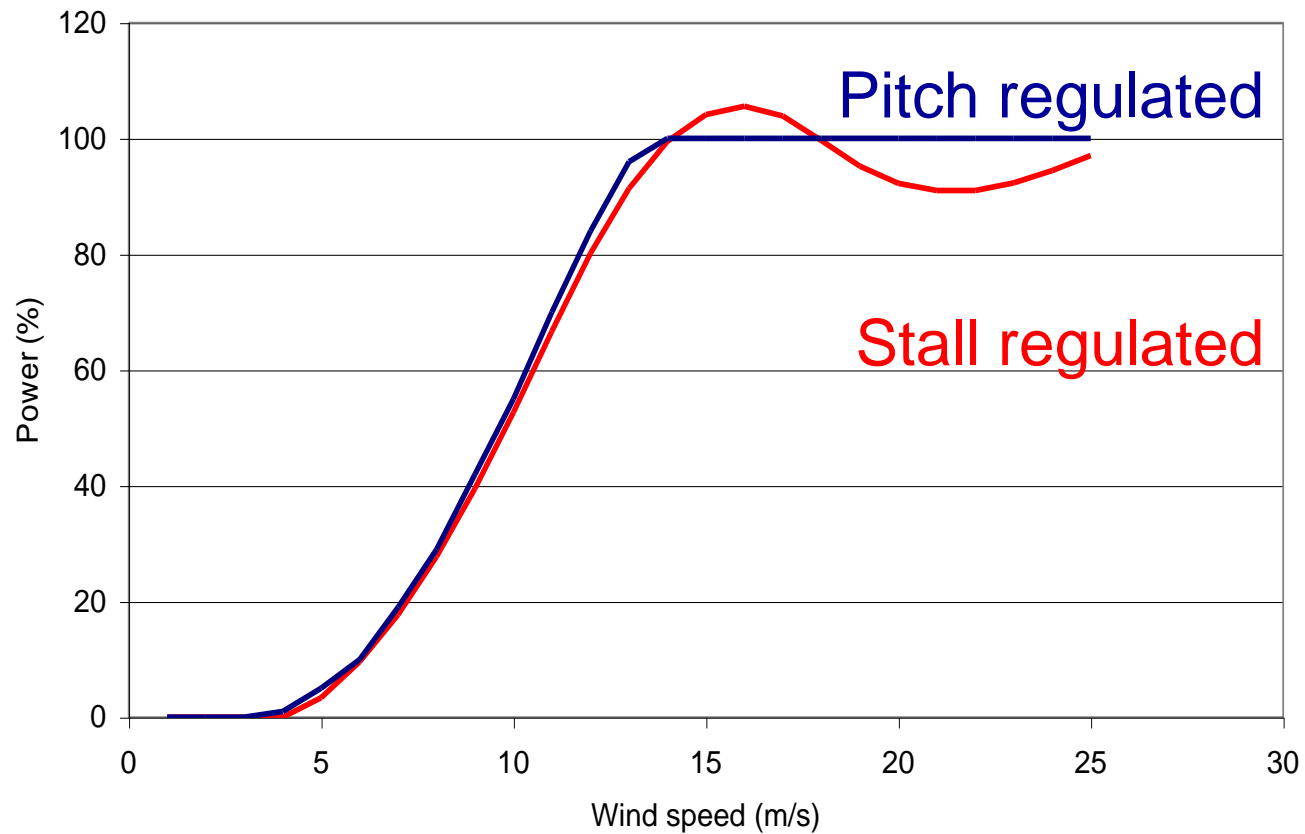
- معظم التربينات الكلاسيكية (التصميم الدانمركى) لا تغير فيها زاوية حركة ريش التربينه مع تغير سرعات واتجاهات الرياح، وهى تعتمد فقط على التصميم الـ «إيروديناميكى» للريشة الذى يؤدي إلى انفصال الهواء عن سطح الريش عند السرعات العالية غير المرغوب فيها للرياح.. ولذلك تسمى بالـ **Stall Controlled Turbines**.



- معظم التربينات الحديثة الآن تعتمد على وجود أنظمة تحكم ميكانيكية وكهربية تتيح تحريك زوايا ريش التربينه بما يسمح بتغيير زاوية استقبال الريشة للهواء المندفع إليها لتعظيم الاستفادة من الطاقة فى حالة السرعات المنخفضة للرياح .. وتخفيضها عند سرعات الرياح القصوى التى لا تتحملها التربينه.. ولذلك تسمى بالـ **Pitch Controlled Turbines**.

www.windpower.org

منحنى قدرة التربينه

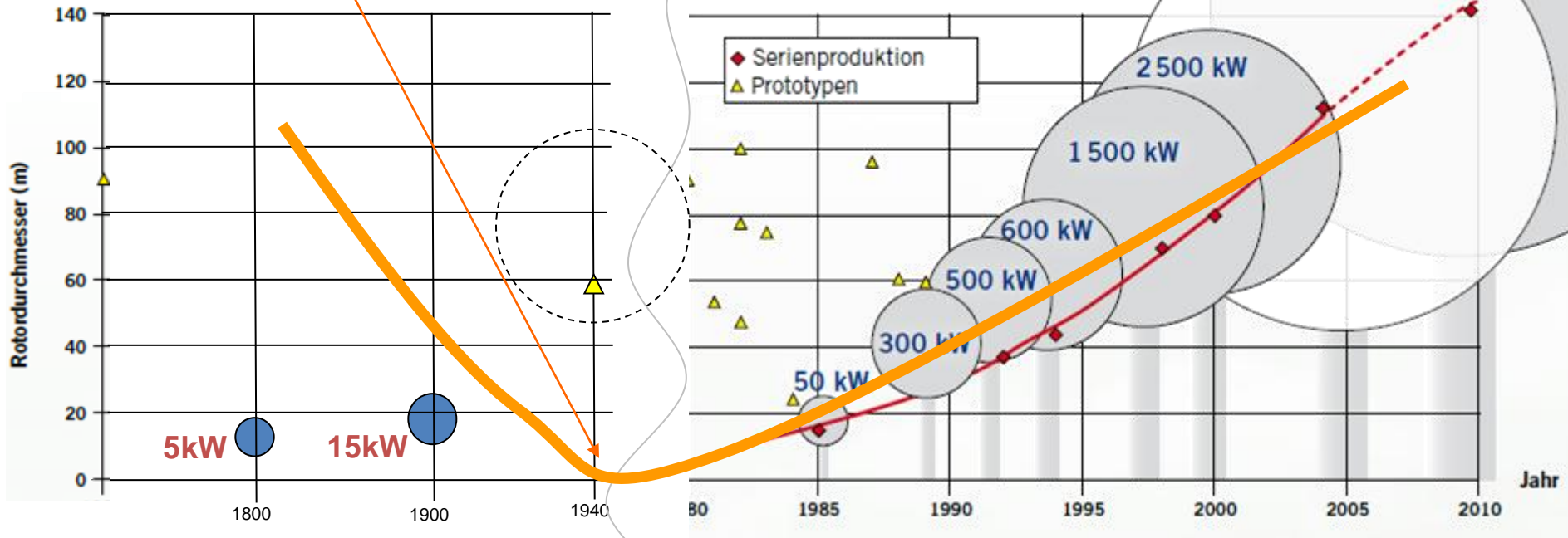


تطور قدرات وارتفاعات التربينات

Climate ?
 Readiness?
 Resource ?

Rural industrialization 1940 Energy security 1970 Oil crisis 1985 Entrepreneurs
 Tax or price incentive

Number of turbines
 Almost gone !



Mechanical

DC

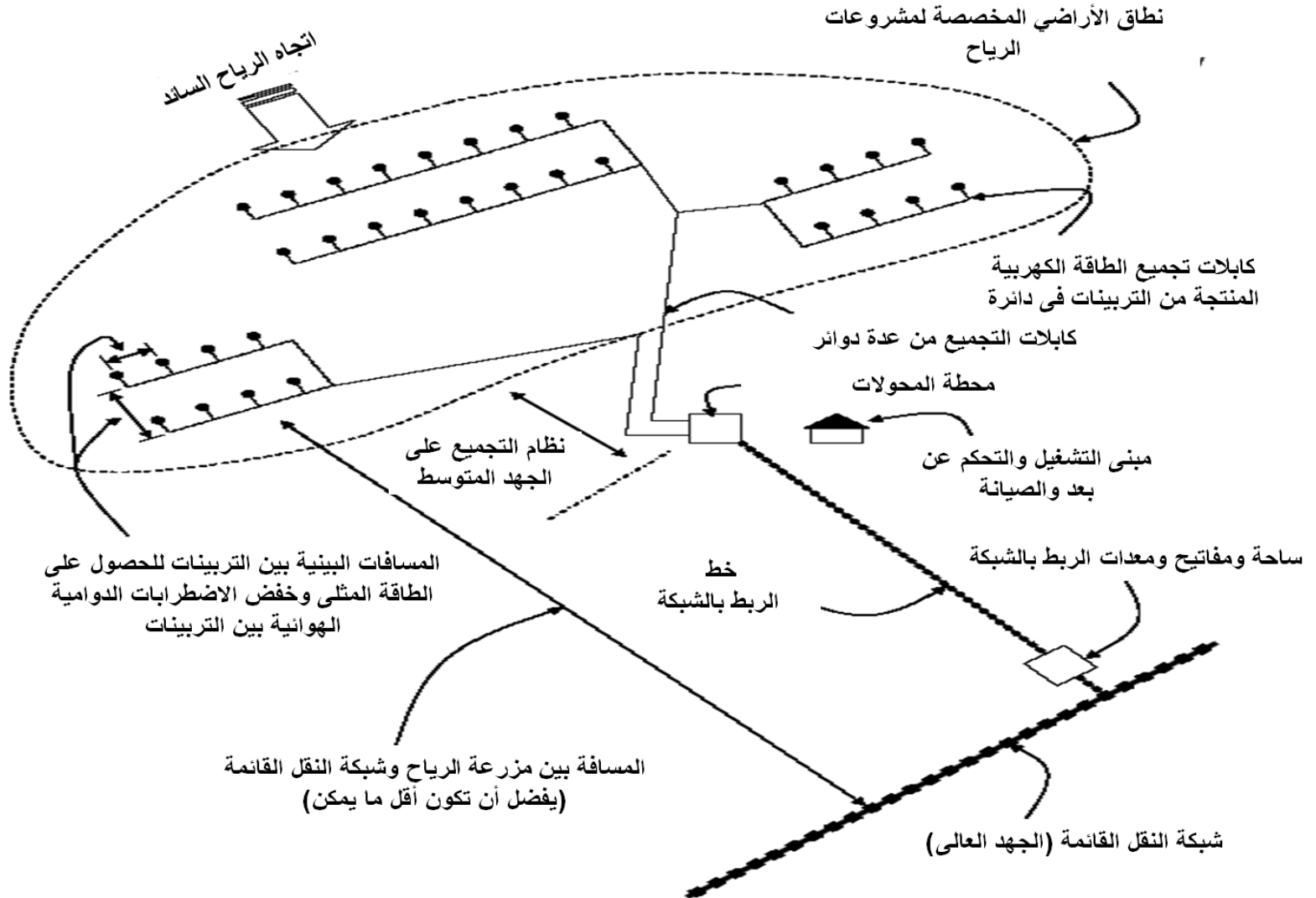
AC

AC<->DC<->AC

Super
 DC ?

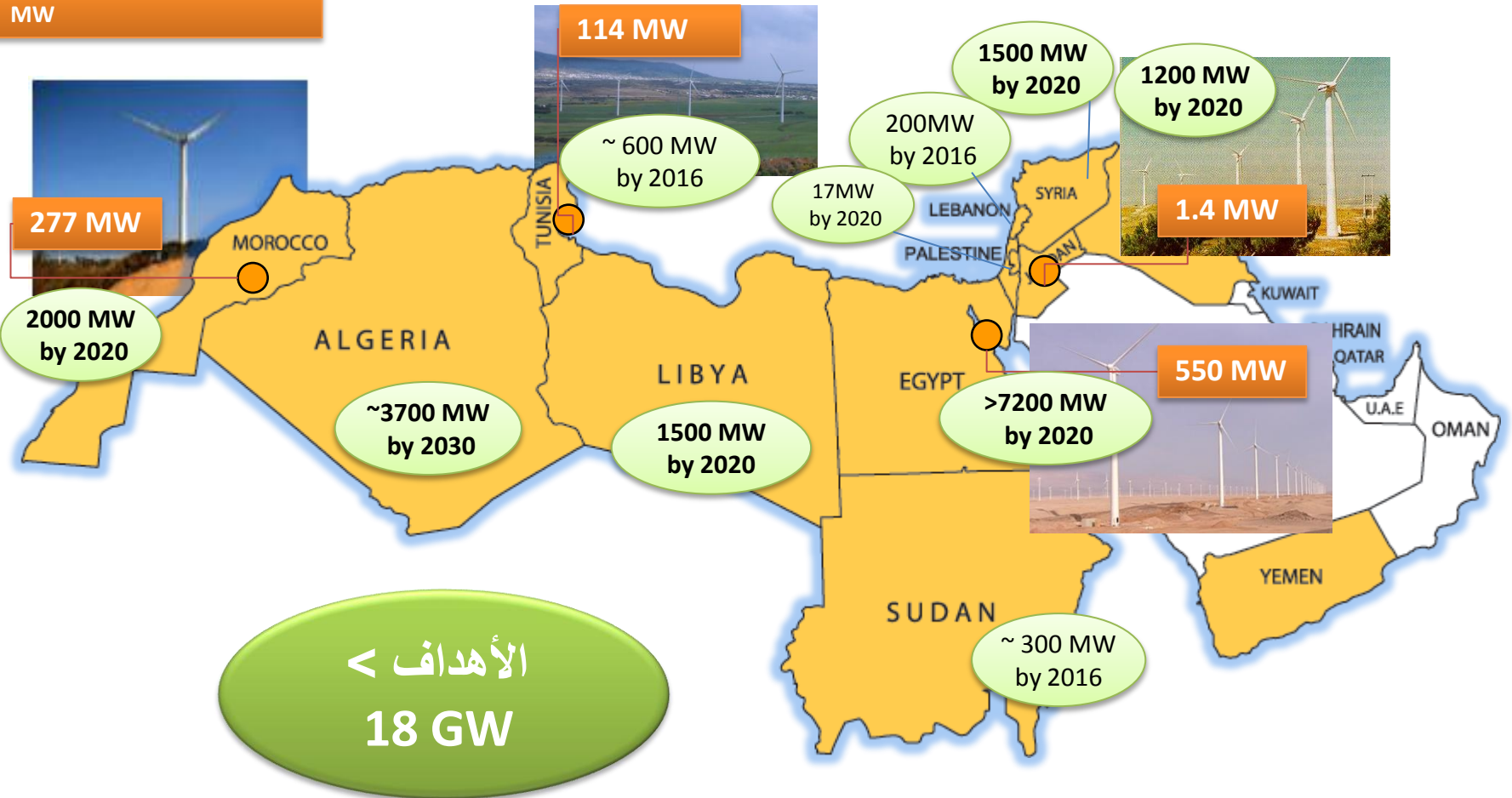
Source: Dr. Carsten Hein Westergaard, Wind Energy Technology, Austin, September 2010, Vestas Technology R&D Americas, Inc.

مشروع محطة إنتاج الكهرباء من الرياح



المشروعات القائمة - الإستراتيجيات والأهداف

Existing early 2011: ~910 MW



الرياح للمناطق الريفية



إن أفضل وسيلة للتنبؤ بالمستقبل أن نساهم في صنعه



Thank You شكراً لكم

Eng. Maged K. Mahmoud

Senior Technical Expert, Regional Centre for
Renewable Energies and Energy Efficiency
(RCREEE)

maged.mahmoud@rcreee.org or
maged_mahmoud@hotmail.com