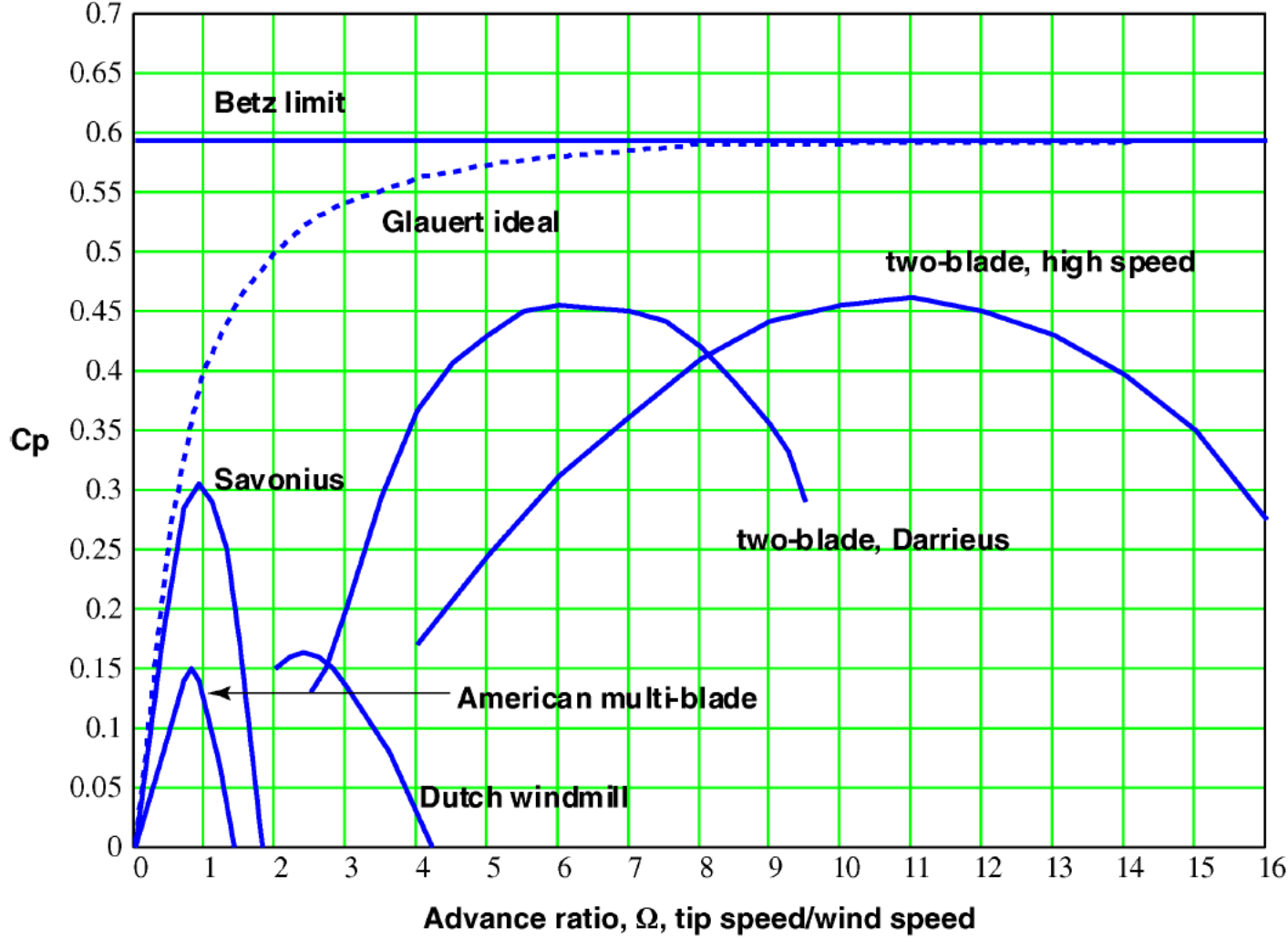
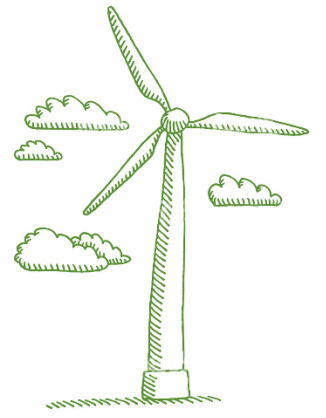


Elektrik Enerjisi Üretimi

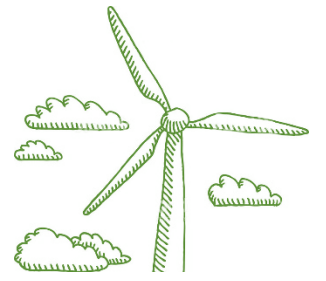
-Rüzgar Santralleri 2-

Dr. Emrah ÇETİN

Cp – KHO arası ilişki

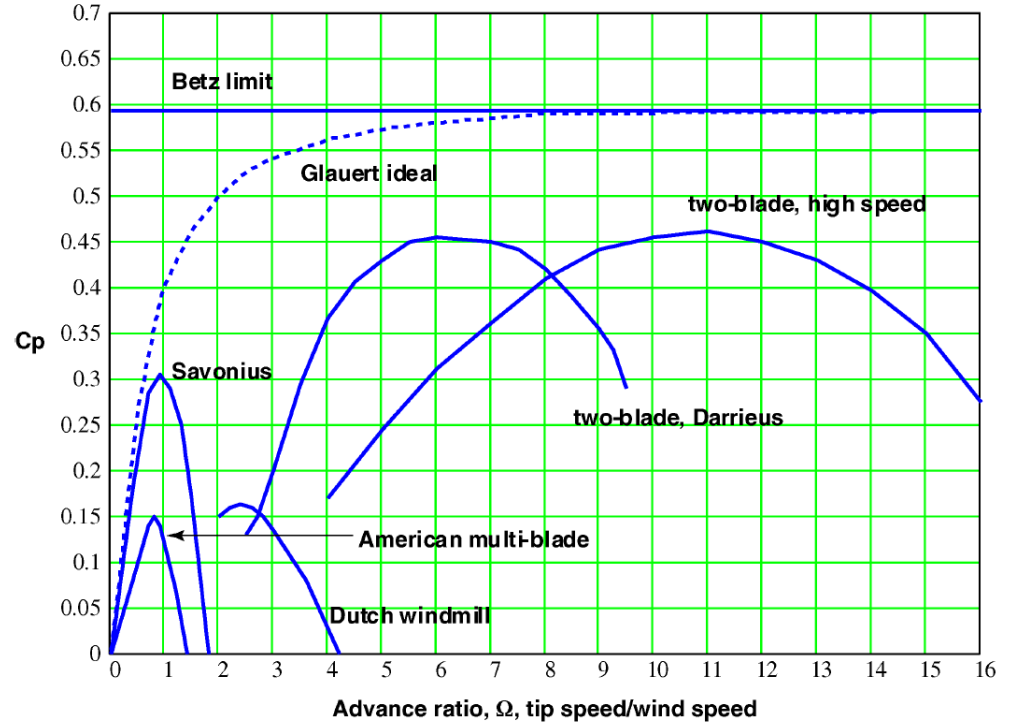


Değişik türbin tasarımlarına göre türbin verimi ile KHO arasındaki ilişki



Örnek 8: 1 atm basınç ve 21 °C sıcaklığındaki bir bölgede rüzgar 12 m/sn hız ile 11 m çapındaki iki kanatlı bir rüzgar türbinine girmektedir. Bu rüzgar türbini rotoru 1 sn'de 4.16 devir döndüğüne göre;

- Rüzgar gücünü hesaplayınız.
- Maksimum teorik gücü bulunuz.
- Kullanılabilir gücü bulunuz.
- c şıkkını sağlayacak rotor hızını d/d ve rad cinslerine göre hesaplayınız.
- c şıkkına göre tork ne olmalıdır?



Rüzgâr Çiftlikleri

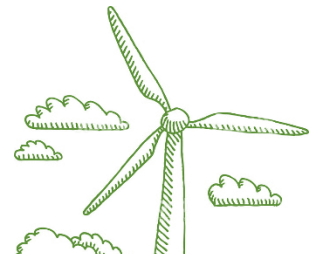
Tek türbinin yeterli olduğu uygulamalar dışında arazi şartları dikkate alınarak ilgili bölgelerde birden fazla rüzgâr türbini (genelde mümkün olan fazla sayıda) aynı rüzgâr bölgesine kurulur. Bu tür bölgelere “rüzgâr çiftliği”, “rüzgâr tarlası” veya “rüzgâr parkı” gibi isimler verilir.

Bu şekilde rüzgâr çiftlikleri oluşturmanın en önemli avantajları:

- Rüzgâr türbinlerinin aynı bölgeye kurulması daha düşük maliyet gerektirir.
- İletim hatlarına bağlantı kolaylığı oluşturur.
- İşletim ve bakım için merkezi bir erişim sağlar



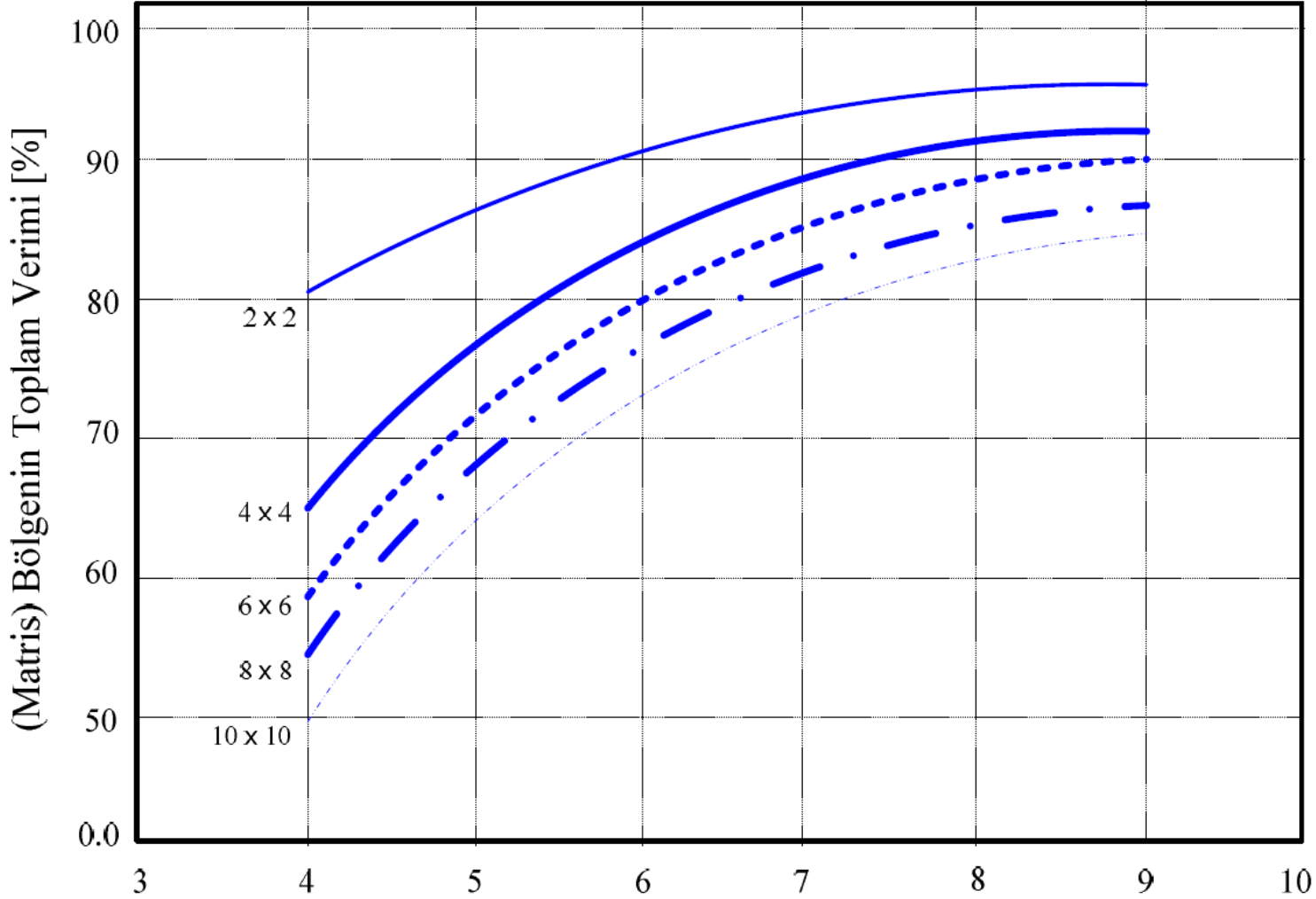
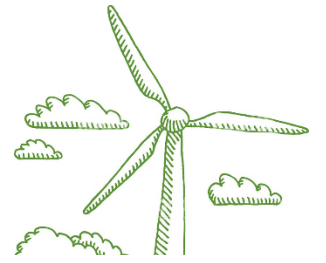
Rüzgar Çiftlikleri



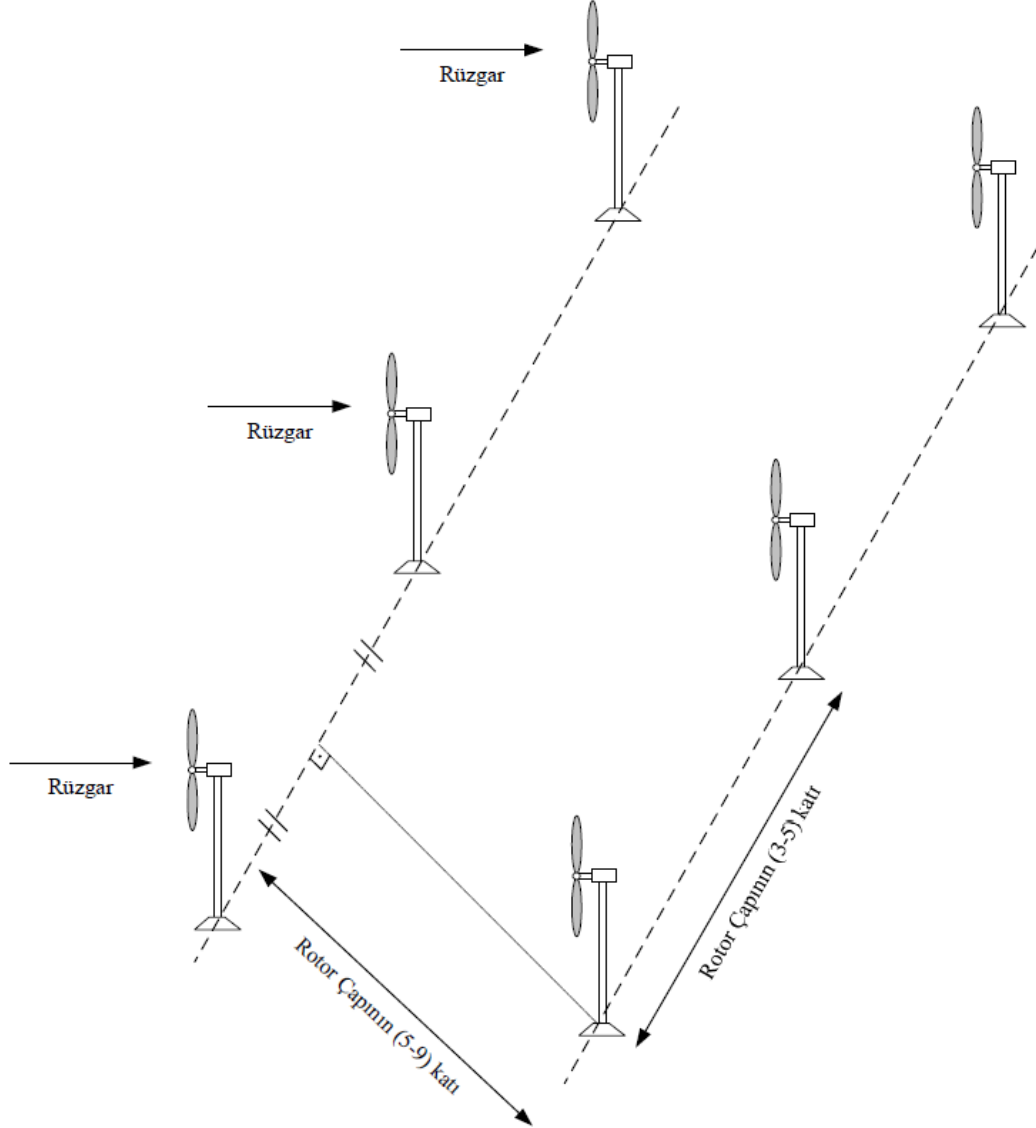
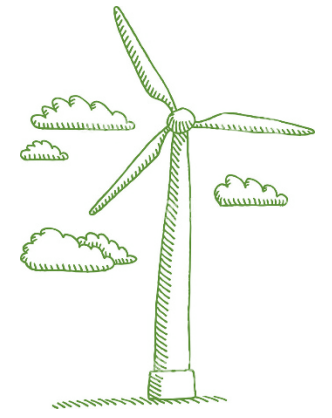
Belirli bir alana kurulabilecek türbin sayısı «rüzgar tarla etkisi» nedeniyle sınırlıdır. Bunun temel nedeni gölgeleme etkisi yapar. Yani rüzgârı karşıdan ilk olarak alan türbinler arkadakilerin verimini düşürür. Çünkü rüzgârın bir miktar enerjisi alınınca hızı yavaşlar. Eğer türbinler arasında uygun mesafeler seçilirse rüzgâr hızı kendisini yeniden toplarlar. Rüzgar türbinlerinin bir matris içerisinde düzgün ve eşit aralıklı olarak yerleştirilmesiyle, ilgili bölgenin verimi, kuleler arasındaki mesafeye bağlı olarak maksimum olacaktır.



Rüzgar Çiftlikleri



Rüzgar Çiftlikleri

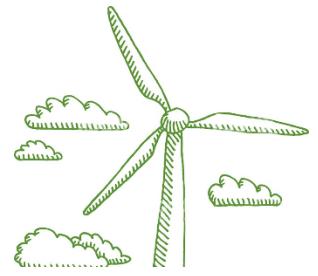


Görüldüğü üzere kuleler arasındaki mesafe rotor çapının en az 9 katı olması durumunda rüzgârın diğer türbinleri etkilemesi minimumdur.

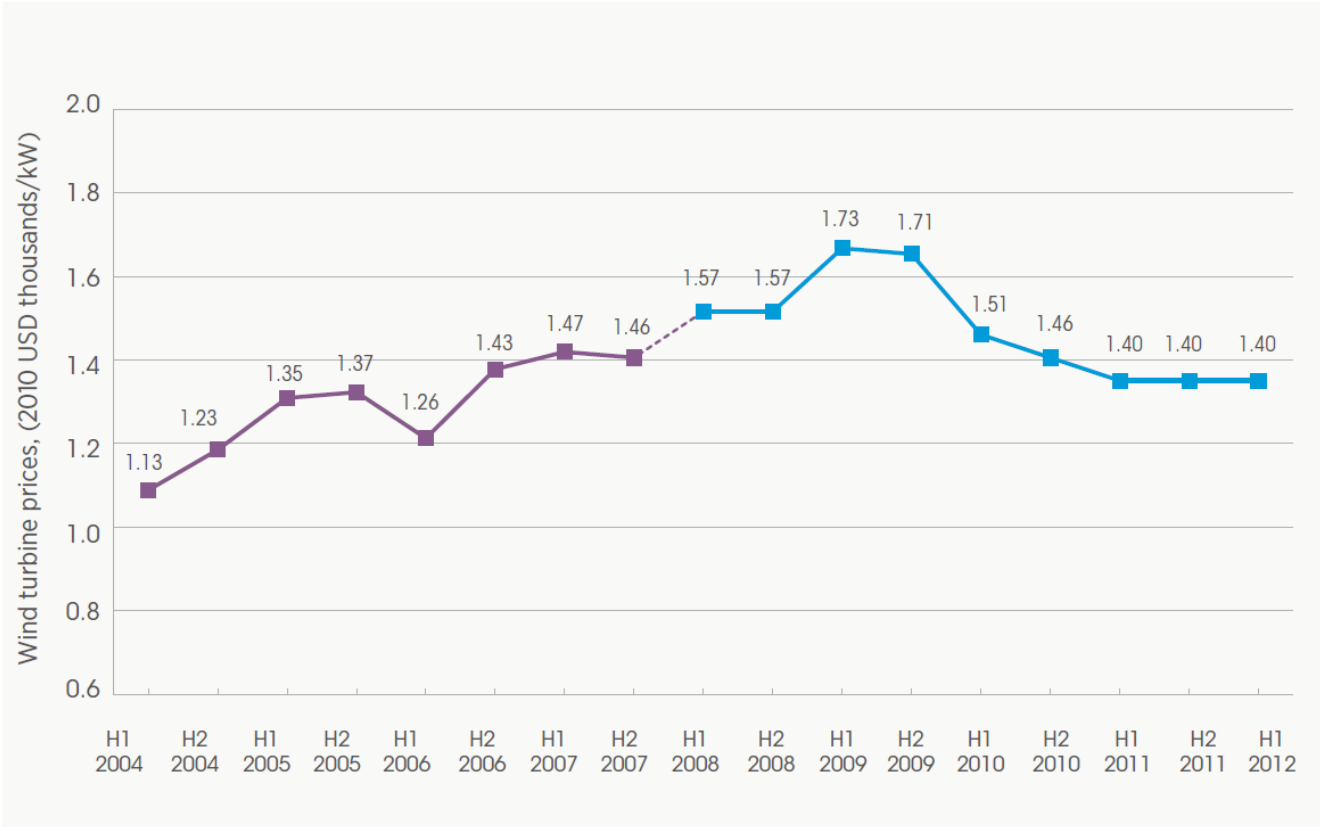
Yapılan çalışmalarda optimum mesafe aynı sıradaki türbinler için (3-5) rotor çapı mesafesi, satırlar arasında ise (5-9) rotor çapı mesafesi arasında olmalıdır.

RÜZGÂR TÜRBİN EKONİMİSİ

KURULUŞ MALİYETİ VE YILLIK MALİYET

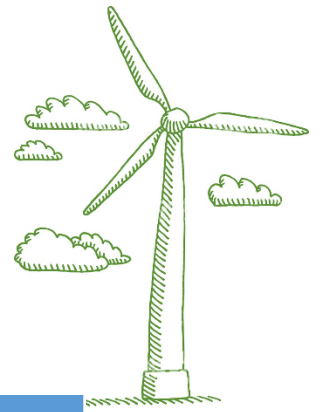


Yeni rüzgâr türbinleri daha büyük nominal güçlerde üretebilmesine rağmen, kW başına kuruluş maliyeti alt ürünlerdeki gelişmelere bağlı olarak değişmektedir. Örneğin 1989 yılında bir türbinin birim maliyeti 1800 \$/kW iken, 2000 yılında birim maliyeti 800 \$/kW'a kadar gerilemiştir. 2010'lu yıllarda ise bu rakam 1400 \$/kW civarında seyretmektedir.



RÜZGÂR TÜRBİN EKONİMİSİ

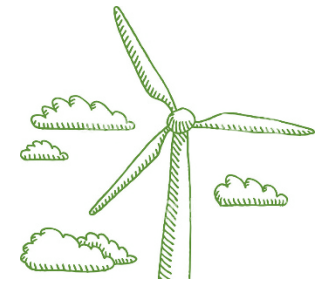
KURULUŞ MALİYETİ VE YILLIK MALİYET



Kuruluş maliyeti parametreleri	Yıllık maliyet parametreleri
-Türbin maliyeti	-Parça ve işçilik
-Nakliye ve inşaat maliyeti	-Sigorta
-Bölge çalışmaları ve şebeke bağlantısı	-Risk/arıza maliyeti
-Yapım esnasındaki faiz	-Arazi kiralama
-Proje geliştirme ve fizibilite çalışmaları	-Mülkiyet vergisi
-Mühendislik	-İletim hattı bakımı
-Rüzgar ölçümü	-Genel muhtelif giderler

RÜZGÂR TÜRBİN EKONİMİSİ

RÜZGÂR TÜRBİNİ İÇİN YILLIK ELEKTRİK MALİYETİ



Aynı seviyeye getirilmiş enerji maliyetini hesaplayabilmek için, yıllık maliyet, yıllık enerji miktarına bölünür. Yıllık maliyeti bulmak için aşağıdaki basit prosedür kullanılabilir.

Bir rüzgâr enerji sisteminin borçlanma ile finans edildiğini düşünelim. Kuruluş maliyetini sistem ömrü boyunca dağıtırsak kuruluş maliyeti yıllık baza dönüştürülmüş olur. Kuruluş maliyeti yıllara eşit bölüştürmek için “Kapital Geri Dönüşüm Formülü” (CRF=Capital recovery factor) kullanılabilir. Daha sonra bu değere yıllık bakım onarım maliyeti eklenir.

Alınan krediyi yıllık ödeme miktarı A ile gösterilirse,

$$A = P \left[\frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \right] = P \cdot CRF(i, n)$$

$$CRF(i, n) = \left[\frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \right]$$

$$\begin{aligned} & \text{Yıllık Enerji Miktarı (kw h/yıl)} \\ & = 8760 \times P_{\text{Türbin}} \left[0.087 v_{\text{ort}} - \frac{P_{\text{Türbin}}}{(D)^2} \right] \end{aligned}$$

$i \rightarrow$ Faiz Oranı

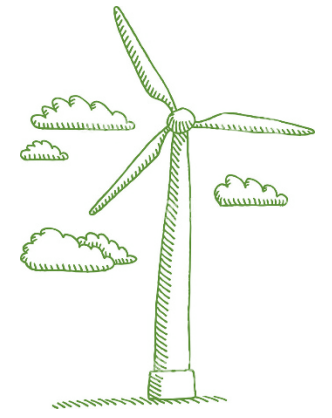
$n \rightarrow$ Kredi periyodu

$A \rightarrow$ Yıllık ödeme miktarı (\$/yıl)

$P \rightarrow$ Ana borç (\$)

RÜZGÂR TÜRBİN EKONİMİSİ

RÜZGÂR TÜRBİNİ İÇİN YILLIK ELEKTRİK MALİYETİ



Örnek 9: Rotor çapı 2.13 m olan 0,9 kW'lık bir rüzgâr türbini maliyeti 2500 \$'dır. Geri ödeme süresi %7 faizle 15 yıldır. Bakım onarım maliyeti 100\$ ise birim enerji maliyetini (\$/kwh) 15 yıl boyunca hesaplayınız. (Not: rotor göbeği hizasındaki ortalama rüzgâr hızı 6,7 m/s'dir)

Örnek 10: Bir rüzgâr çiftliği projesi kapsamında 40 adet rotor çapı 60 m olan 1500 kW'lık türbin kurulması hedeflenmektedir. Kuruluş maliyeti 60 milyon \$ olup aynı düzeye getirilmiş bakım onarım maliyeti 1.8 milyon \$/yıldır. Proje için %7 faizden 20 yıllığına 45 milyon \$ kredi kullanılmıştır. Öz sermaye 15 milyon \$ ve % 15lik geri dönüşüme ihtiyaç duyulmaktadır. Türbin, ortalaması 8m/s olan Rayleigh rüzgârına maruz kalıyor ise, projeyi uygulanabilir hale getirebilmek için aynı düzeye getirilmiş elektrik enerji maliyeti kaç olmalıdır.

Yeni yönetmelik ile lisanssız elektrik kurulu güç maksimum miktarı 5 MW'a çıkarıldı.!! (10.05.2019)

Mahsuplaşma imkanı genişletildi. Saatlik yerine aylık mahsuplaşma yapılabilecek. (10.05.2019)

ÇALIŞMA SORULARI

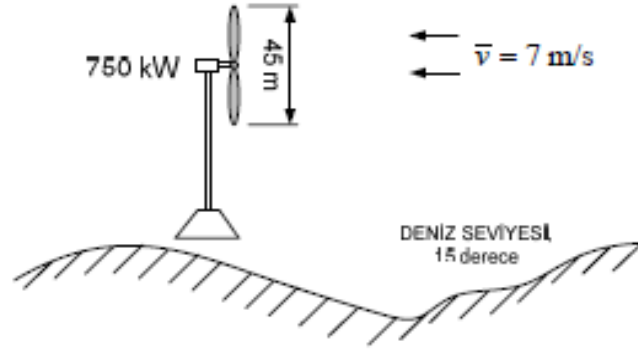
Ç1- 20 m çapındaki yatay eksenli bir rüzgâr türbininin verimi 105 kPa basıncı, 10 °C ve 7 m/s rüzgâr hızında % 32'dir.

- Rüzgâr türbini verilen atmosferik şartlar altında ne kadar güç üretir.
- 2500 m bir dağ zirvesinde hava sıcaklığı 0 °C ise hava yoğunluğunu bulunuz.
- Aynı rüzgâr hızını kullanarak dağ zirvesindeki rüzgâr gücünü hesaplayınız (**Not:** rüzgâr türbin veriminin hava yoğunluğundan etkilenmediğini kabul ediniz.)

Ç2- Yerden 10 m yükseklikteki bir anemometre sürtünme katsayısı, $\alpha=0.25$ olan bir yüzeyde ortalama rüzgâr hızını 7 m/s olarak ölçmektedir.

- 60 m yükseklikteki ortalama rüzgâr güç yoğunluğunu hesaplayınız. (hava şartları 1 atm, 15 °C)
- Aynı bölgede rotor çapı 50m olan yatay eksenli bir rüzgâr türbini yüksekliği 80 m olan bir kuleye monte edilmiştir. Eğer rüzgâr türbin sisteminin genel verimi %35 ise sağlanabilecek yıllık enerji miktarını hesaplayınız.

Ç3- Türbin gücü 100 kW ve rotor çapı 45 m olan bir rüzgâr türbini ortalama Rayleigh rüzgâr hızı 7 m/s olan bir bölgeye yerleştirilmiştir. (hava şartları 1 atm, 15 °C) Türbin verimini hesaplayınız.



Ç4- Ortalama enerji maliyeti 0.25 \$/kwh olan ve aşağıdaki özelliklere sahip bir rüzgâr türbininin ilk yatırım maliyetini (ana borç miktarını) hesaplayınız. (Bütün bakım maliyeti de ilk yatırım maliyeti içersindedir.)

Verilenler:

Rotor çapı : 60m, Rüzgâr hızı : 7 m/sn, Hava yoğunluğu : 1,225 kg/m³

Türbin açısal hızı : 1,6 rad/s ,Faiz oranı : %13, Türbin ömrü : 30 yıl, Yıllık işletim süresi : 5750 saat/yıl .

$$C_p = -0.020554x(KHO)^2 + 0.18327x(KHO) + 0.023286$$

Duyurular için Bozok pbs adresi;
www.emrahcetin.com



emrahcetin



emrah-cetin

emrah.cetin@bozok.edu.tr

