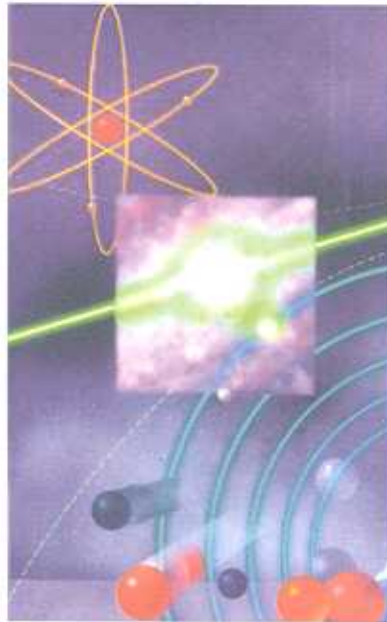


ENERJİ İÇİN SÜRDÜRÜLEBİLİR BİYOKÜTLE ÜRETİMİNE DOĞRU

Yenilenebilir enerji yoğun küresel enerji senaryosu, 21. yüzyılın ikinci çeyreğinde 400 milyon hektar biyokütle ekimini gerekli kılmaktadır. Bu senaryoda üç soru ortaya çıkmaktadır. Birincisi, net enerji dengesi bu çabayı haklı kılacak kadar uygun mu? İkincisi, geniş alanlarda ve uzun dönemlerde yüksek miktarda biyokütle ürünü alınabilir mi? Üçüncüsü, bu ekili alanlar çevresel açıdan kabul edilebilir mi?

Yüksek ürün eldesi, özellikle gübreleme, hasat ve ürün kaldırma için, enerji girdisini gerektirir. Bununla beraber, hasat edilmiş biyokütlenin içerdiği enerji, enerji girdisinin 10-15 katıdır.

Fakat yüksek verim birbirini izleyen yıllarda da alınabilir mi? Bu kritik bir soru; çünkü hasatın ardından bir bölgedeki toprağın gerekli besinleri kullanılmış olur; eğer bu besinler yenilenmezse, toprağın verimi ve ürün miktarı zamanla düşecektir. Neyse ki, besinlerin yenilenmesi iyi bir yöntemle olanaklıdır. Dallar ve yapraklar gibi bitkideki besinlerin yoğunlaştığı bölümler, hasat zama-



nında ekim alanlarında bırakılmalı ve enerji dönüşüm tesislerinden kül olarak elde edilen mineral besinler ekilen topraklara iade edilmelidir. Azot kayıpları kimyasal gübre uygulamalarıyla karşılanabilir, besin kullanımı açısından özellikle verimli türler seçilerek, takviye gereksinimi düşük tutulabilir. Diğer türlerle karışık olarak azot tutucu türler yetiştirilerek, ekim alanları azot açısından kendine yeterli hale de getirilebilir. Gelecekte, toprağa yapılacak besin uygulamaları bitkinin döngüsel ihtiyaçlarına uydurularak, besin girdisini azaltmak

mümkün olacaktır.

Yoğun ekim ve hasat etkinlikleri, erozyonu da artırarak verim düşmesine yol açabilir. Yıllık enerji ürünleri için erozyon riski, yıllık gıda ürünleri için olanla benzer; bu yüzden erozyona eğilimi olan topraklarda bu tür bitkileri yetiştirmekten kaçınılmalıdır. Ağaçlar ve iki yıldan uzun yaşayan otlar gibi ürünler için ortalama erozyon oranları düşüktür; çünkü dikim 10-20 yılda bir gibi, çok seyrek yapılır.

Bu ekim alanlarının çevresel bir sakıncası, doğal ormanlara göre çok daha az türü barındırmalarıdır. Buna uygun olarak burada önerilen, ekimin doğal ormanların bulunduğu alanlarda değil, şu tür yerlerde yapılmasıdır: 1) Gelişmekte olan ülkelerde ormansız ya da başka biçimlerde niteliğini yitirmiş arazilerde ve 2) Endüstrileşmiş ülkelerde fazlalık tarım arazilerinde. Ayrıca, toprağın bir bölümü zararlı böcek nüfusunu kontrol altında tutabilmek amacıyla kuşlar için doğal barınak ve diğer fauna olarak korunmalıdır. Kısaca, bu ekim alanları biyolojik çeşitlilik açısından mevcut durumu gerçekten daha iyiye götürecektir.

RÜZGAR ENERJİSİ:

TEKNOLOJİ VE EKONOMİ

Danimarka ve Kaliforniya'da 17.800'ün üzerinde rüzgar türbininin saba çalışma sonuçları, geçen 10 yıl boyunca rüzgar türbin teknolojisinin günümüz kuşağının iyice test edilmesini ve kendini kanıtlanmasını sağladı. Güvenilirlikleri şu anda tatmin edici; buna ek olarak rüzgar çiftliklerini çalıştırma ve bakım prosedürleri iyice biliniyor. Ünite büyüklüğü geçen on yılda on katına çıkarken, şu anda birçok üreticinin 0.5 MegaWatt'lık rüzgar türbinlerini piyasada bulmak mümkün. Ayrıca, rüzgar türbini teknolojisindeki ilerlemeler, pervane ve transmisyon'da (iletim) kullanılan malzemedeki gelişmeler, daha iyi kontrol ve işletme stratejileri, yüksek güç elektronik komponentlerindeki gelişmeler önümüzdeki 20 yılda üretim, bakım ve işletme maliyetlerini önemli derecede düşürecekler. Rüzgar kaynakları iyi olan alanlarda (450 Watt/m² mil yüksekliğinde rüzgar güç yoğunluğu) rüzgar türbinleri elektriğin kilowat/saatini 0.053 dolara (yüzde 6 faiz, vergisiz) üretebilmektedirler.

Geçmiş 20 yıl boyunca, rüzgar enerjisini elektrik enerjisine dönüştürme teknolojilerinde göze çarpan ilerlemeler sağlandı. Kaliforniya'da 15.000'in üzerinde ve Danimarka'da 2.800'ün üzerinde rüzgar türbini halihazırdaki şebekeye entegre edildi ve hidroelektrik, fosil yakıtlı ve nükleer enerji santralleri gibi konvansiyonel santrallerle birlikte rutin olarak çalıştırıldı. Hepsinden önemlisi Kaliforniya'da rüzgarla üretilmiş elektrik maliyetleri (Şekil 1) son birkaç yılda çekici bir hale geldi. Üretim tekniklerindeki ve rüzgar çiftliği işletim metodlarındaki hızlı gelişmelerin de etkisiyle, tesisat için gerekli sermaye maliyetleri de hızlı bir şekilde düştü ve rüzgar enerjisi kullanımı önemli derecede gelişti. Kaliforniya yüzde 1.1 ve Danimarka yüzde 2.5 oranında ortalama elektrik tüketimlerini rüzgar türbinlerinden karşılamakta ve Danimarka 2005 yılına kadar yüzde 10 oranını hedeflemektedir. Bu iki bölgedeki geniş ve cesaret verici deneyimler göstermektedir ki, rüzgarla üretilmiş elektrik yeni güneş elektrik teknolojisinin de en ekonomik rakibidir (Şekil 2). Üstelik, Kaliforniya ve Danimarka'nın rüzgar kaynaklarının iyi olmasından başka ortak yönleri yoktur. Benzer ya da daha kaliteli kaynaklar dünyanın başka bölgelerinde de bulunmaktadır. Mesela, Dünya Meteoroloji Organizasyonu için Kuzeybatı Laboratuvarları'nın (3) yaptığı bir çalışmaya dayanarak dünyanın şu andaki elektrik tüketiminin bir-

kaç katı kadar elektrik üretme potansiyeline sahip rüzgar olduğu hesaplandı (4). Ve Birleşik Devletler'de mantıklı varsayımlar ve rüzgar türbini için elverişli alanlar düşünüldüğünde, iki eyalet, Kuzey Dakota ile Güney Dakota'nın elektrik potansiyellerinin, ABD'nin şu anki elektrik tüketiminin yüzde 80'i olduğu hesaplanmıştır. (5)



ŞEKİL 1: Kaliforniya'daki rüzgar türbinlerinden üretilen elektriğin maliyetinin düşüşü; veriler 1994 için (1,2) tahmin ediyor. (a)Ortalama rüzgar enerji yoğunluğu >450watt/m², Kaliforniya'da geçilen için tipik değer (b) İşletim ve bakım masrafları (2)'den, (c.) U.S. rüzgar gücü'nün (Windpower) dosyalarına dayanarak, Kaliforniya Enerji Komisyonu'nun U.S. rüzgar gücünün 33MV-S değişken hızlı türbininin 1994 yılı maliyet tahmini, U.S. rüzgar gücü tarafından işletme ve bakım artı toprak kira bedeli kWh başına 0.0104 dolar olarak belirtmiş. Saha deneyimlerinden edindiğimiz bilgilere göre işletme ve bakım maliyetlerinin şu andaki endüstriyel averaj olan kWh başına 0.01 dolar seviyesinin altına inmesi bekleniyor. Değişken-hızda çalıştırmanın en büyük avantajı türbin parçalarının üzerindeki stresin ve metal yorgunluğunun azaltılması ve bunun sonucu olarak bakım masraflarının azalmasıdır.

Açıkça görüldüğü gibi rüzgardan üretilen elektrik, rüzgar kaynaklarının fiziksel olarak ulaşılabilirliği ile kısıtlanmamıştır. Henüz rüzgar enerjisi potansiyelinin modern dünyanın hayat standartlarına ne gibi katkılar sağlayacağı belki de şaşırtıcı gelebilir, bu biraz da çağdaş endüstriyel toplumlarda bu enerji şeklinin olmamasından kaynaklanıyor. Tabii ki, rüzgar enerjisi birçok yakın ve eski uygarlıklarda kullanılmıştır. Örnek olarak, Çin'de Milat'tan birkaç yüzyıl öncesinde basit yel değirmenleri su pompası olarak kullanıldı; M.Ö. 200'ün hemen başlarında Pers'te ve Ortadoğu'da dikey akslı yel değirmenleri tahıl öğütme için kullanıldı. Yel değirmenleri daha sonra 11. Yüzyıl'da tüccarlar ve Haçlı Seferleri'nden (7) dönen askerler tarafından Avrupa'ya tanıtıldı. Önce Hollandalılar tarafından, sonraları da İngilizler (8-10) tarafından geliştirildi.

Yel değirmeninin kullanımı, endüstri öncesi 18. Yüzyıl'da maksimuma ulaştı. O zamanlar sadece Hollanda'da 10.000'in üzerinde yel değirmeni tahıl öğütme, su pompalamak, ve odun kesmek amacıyla kullanıldı. En sonunda, değirmenler, fosil yakıtların düşük fiyat, kolaylık ve güvenilirlik gibi avantajlarıyla rekabet edemedikleri için yerlerini buharlı makinalara bıraktılar. A.B.D'de yel değirmenleri en çok 1800'ü yıllarda Batı Amerika'nın gelişmesindeki oynadıkları rolle tanınıyorlar ve çayırlıklara yerleşmiş öncü göçmenler için hayati önem taşıyorlardı (11). Rüzgar makinaları tren yolları ve su kaynaklarından uzak alanlarda bulunan sığırlar için su sağladılar; çiftçiler tarafından küçük ölçekli sulama amacıyla ve evlerde başlıbaşına (stand alone) sistemler için elektrik üretmek amacıyla kullanıldılar (12).

Böylesine başarılı uygulamalar ölmesine karşın, rüzgar enerjisinin 21. Yüzyıl'daki rolü hakkında çok az

ışık tutabilmektedir. Aslında, rüzgar türbinlerinin başlıbaşına (stand alone) sistemler olarak kullanılması, bu makinaların nasıl kullanılacağı hakkında yanlış izlenim verebilir. Bağımsız rüzgar makinaları, birbirleriyle bağlantılı ve şebekeye bağlanmış rüzgar türbinlerinden oldukça farklıdır ve bu şebeke aynı zamanda diğer elektrik üreticileri tarafından da beslenmektedir (peak,yük, vs). Şehir şebekesinden izole edilmiş rüzgar türbinlerinin yardımcı yedeklemeye (küçük sistemlerde şarj edilebilir piller, multikilowatt sistemlerde ise dizel motorlar) gereksinimleri vardır ve her ikisi de pahalı ve kullanışsızdır. Buna karşın, çok sayıda rüzgar türbini şebekeye entegre edilebilir ve çok az ya da hiçbir depolamaya gereksinimleri yoktur.

Birçok tanınmış sisteme maliyet, güvenilirlik ve kabul açılarından rekabet edebildiği sürece, iyi rüzgar kaynakları olan yerlerde şebekenin esas parçası olmaması için hiçbir sebep yoktur. Rüzgar enerjisi teknolojisi çok dikkat gerektiren bilim ve mühendislik ayrıntıları içerse de, tüm ülkeler olmasa da, birçokunun uygulayabileceği ve ekonomik olarak da dünyanın birçok bölgesinde rekabet edebilecek bir teknolojidir.

RÜZGAR ENERJİSİ TEKNOLOJİSİ

Temel Hesaplamalar

Yoğunluğu ρ olan, hızı v olan, bir hava akımının enerji akışı veya rüzgar gücü yoğunluğu

$$P_w = \rho v^3 / 2 \text{ watt/m}^2$$

Rüzgar gücü yoğunluğunu hepsi tamamen kullanılabilir durumda, rüzgar akımından elde edilebilecek maximum güç $16/27 * P_w = 0.593 * P_w$; bu değere Betz limiti denir.

1. Raskin, S. California Energy Commission, address to Windpower 1991 - Conference, quoted in Windpower Monthly, p. 15, November 1991.
2. Lynette, R., Young, J., and Conover, K. 1989 - Experiences with commercial wind turbine design, EPRI Reports GS-6245, EPRI, Box 50490, Palo Alto, California.
3. World Meteorological Organization, 1981 - Meteorological aspects of the utilization of wind as an energy source, technical note 175, Geneva Switzerland.
4. Van Wijk, A.J.M., Coelingh, J.P., and Turkenberg, W.C. 1991 - Wind Energy: Status, constraints and opportunities, World Energy Council (to be published).
5. Elliott, D.L., Wendell, I.L., and Gower, G.I. 1991 - An assessment of the available windy land area and wind energy potential in the contiguous United States, PNI 7789, UC 261, Pacific Northwest Laboratories, Richland, Washington.
6. Davidson, R. 1991 - Windpower Monthly, p. 15, November.
7. World Meteorological Organization, 1981 - Meteorological aspects of the utilization of wind as an energy source, technical note 175, p. 1, Geneva, Switzerland.
8. Kealey, E.J. 1987 - Harvesting the air: windmill pioneers in twelfth century England, University of California Press, Berkeley, California.
9. Kovaik, T., Popper, C., and Hurst, J. 1979 - Wind Energy, Dorus Books, Northbrook, Illinois.
10. Torrey, V. 1976 - Wind catcher, p. 60, Stephen Green Press, Brattleboro, Vermont.
11. Webb, W.P. 1931 - The great plains, p. 348, Ginn & Co., Boston, Massachusetts.
12. Baker, T.L. 1985 - A field guide to American windmills, U. of Oklahoma Press, Norman, Oklahoma.



ŞEKİL 2: Rüzgar türbini kullanımı; şekilde kapasite faktörü olarak gösterilmiş; ortalama güç çıkışının rated (reyiç) güç çıkışına oranı ve Kaliforniya'daki rüzgar türbinleri için gerekli alt yapı yatırım maliyeti. U.S. Rüzgar gücü'nün (Windpower) dosyasına dayanarak, U.S. Rüzgar gücü'nün 33MW-S deyişken hızlı türbininin 1994 yılı maliyet ve kapasite faktörü tahmini. 1990'daki kapasite faktörü Kaliforniya'daki tüm rüzgar çiftlikleri için ortalamadır. Sadece Altamont Geçidi'ndeki artık eskimiş makinaların kullanıldığı rüzgar çiftliklerinin bulunduğu alan için bu değer 0,24, San Geronio Geçidi için kapasite faktörü 0,24 ve Tehachapi Geçidi için 0,19 (6).